0

GOBIERNO AUTÓNOMO DEPARTAMENTAL DE SANTA CRUZ

INSTANCIA DEPARTAMENTAL DE ASUNTOS METROPOLITANOS

Despacho del Vicegobernador

DIAGNÓSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TRANSPORTES FÉRREOS DE CERCANÍAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

PRIMER INFORME

2023

CONTENIDO

GLOSARIO **30**

SECCCIÓN 1 – METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO **32**

1. CONCEPTO Y ENFOQUE **32**

1.1. Movilidad Urbana Sostenible - Premisa conceptual en la cual se basa la consultoría . 33
1.2. Principios de la MUS 34
1.2.1. Planear Ciudades Densas a Escala Humana. 34
1.2.2. Crear una Ciudad Orientada al Transporte Público. 35
1.2.3. Optimizar la Malla Vial y su Uso. 35
1.2.4. Implementar Mejoras en el Transporte Público. 35
1.2.5. Promover Vehículos Limpios. 35
1.2.6. Fomentar la Caminata y el Uso de la Bicicleta. 35
1.2.7. Controlar el Uso de Vehículos Motorizados. 36
1.2.8. Gestionar el Estacionamiento. 36
1.2.9. Comunicar Soluciones. 36
1.2.10. Abordar los Retos de Manera Exhaustiva. 36
1.2.11. Educación y Seguridad Vial como eje Transversal. 37
1.3. Políticas para enmarcar la consultoría 37
1.3.1. Tema 1 — Promover Políticas Integradas 37
1.3.1. Tema 2 — Responder a las necesidades de los ciudadanos 40
1.3.2. Tema 3 — Intensificar el Financiamiento 44
1.3.3. Tema 4 — Compartir Experiencias y Conocimientos 46
1.3.4. Tema 5 — Optimizar la Movilidad 47

2. OBJETIVOS Y ALCANCE **49**

2.1. Objetivo General 49
2.2. Objetivos Específicos 49
2.3. Alcance 50
2.3.1. Resultados del Brainshop Metropolitano 50

3. METODOLOGÍA **52**

3.1. Esquema General 52
3.2. Tipo de Estudio 53

3.3. Personal propuesto 53
3.3.1. Gerente de Proyecto 54
3.3.2. Especialista Económico 54
3.3.3. Especialista en Planificación Territorial 54
3.3.4. Capacitación 55
3.4. Producto 1 55
3.4.1. Metodología y plan de trabajo para la realización del estudio. 55
3.4.2. Diagnóstico del sistema de transporte ferroviario en el departamento de Santa Cruz y en la Región Metropolitana. 56
Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y Conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru 56
3.4.3. Análisis de condiciones previas. 57
3.4.4. Análisis de la demanda de transporte metropolitano 58
3.4.5. Analizar tipologías de transportes férreos implementados en otras metrópolis de la región y en el territorio nacional con sus respectivas características. 58
3.5. Producto 2 59
3.5.1. Análisis integral de sistema de centros urbanos de la Región Metropolitana e identificación de los principales centros urbanos que son potencialmente vinculables con un sistema de transporte férreos. 60
3.5.2. Clasificación de la implementación de transporte férreo de cercanías en la región metropolitana de Santa Cruz por fases. 60
3.5.3. Análisis del estado actual del derecho de vía (transporte férreo) en la Región Metropolitana. 60
3.5.4. Análisis y características de las estaciones (por fases). 61
3.5.5. Análisis de las características necesarias del material tractor y material rodante más óptimo para cubrir el servicio de transporte ferroviario de pasajeros y carga. 61
3.5.6. Análisis de la “capacidad de producción” de la energía identificada para satisfacer la demanda de la operación de los trenes que transportarán pasajeros y carga en la Región Metropolitana. 62
3.5.7. Identificación de obras complementarias (por fases y de manera georreferenciada) para la implementación de transportes férreos de cercanías. 62
3.5.8. Análisis de costos aproximados de la infraestructura necesaria (por fases). 62
3.5.9. Análisis de Inversión, Financiamiento y sostenibilidad para la implementación por fases. 63
3.5.10. Identificación de principales impactos positivos (sociales, económicos y otros) con la implementación de un tren metropolitano de transporte de pasajeros y carga. 63

3.5.11. Identificación de alternativas de transporte complementarios al Tren Metropolitano que fortalezca el sistema de transporte metropolitano urbano e interurbano, en el marco de un sistema integrado de transporte. 64
3.5.12. Ruta critica 64
3.5.13. Imágenes y/o un video del servicio férreo de cercanías 64
3.5.14. Compilación de la información presentada anteriormente 64
3.5.15. Resumen ejecutivo 65

4. PLAN DE TRABAJO 65

4.1. Producto 1 66
4.2. Producto 2 69
4.3. Resultados 76
4.4. Construcción de capacidades 76

5. CRONOGRAMA 76

SECCCIÓN 2 – DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRANSORTE FERROVIARIO EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ Y EN LA REGIÓN METROPOLITANA 80

6. ANÁLISIS DE LA RED FERROVIARIA ORIENTAL 80

6.1. Infraestructura ferroviaria y la Ferroviaria Oriental S.A. 80
6.1.1. Transporte de pasajeros 81
6.1.2. Transporte de carga 82
6.2. Descripción de las capacidades de las vías férreas y características de la infraestructura ferroviaria 85
6.3. Descripción del material tractivo rodante que utiliza la red oriental 89
6.4. Descripción de las operaciones actuales 92

7. PROYECTO TREN METROPOLITANO SANTA CRUZ – WARNES – MONTERO Y CONEXIÓN CON EL AEROPUERTO INTERNACIONAL VIRU VIRU 92

7.1.1. Número y Ubicación de Estaciones Centrales, Estaciones Intermedias y Apeaderos (paradas pequeñas). 94
7.1.2. Características técnicas 95

SECCCIÓN 3 – ANÁLISIS DE CONDICIONES PREVIAS 95

8. REVISIÓN DE LOS RESULTADOS DEL BRAINSHOP METROPOLITANO 95

8.1. Brainshop Metropolitano 96
8.1.1. Ámbitos estratégicos de actuación 96
8.1.2. "Tren Metropolitano" como eje estratégico de la región metropolitana 97

9. ANÁLISIS DEL PROCESO DE METROPOLIZACIÓN 98

9.1. La mancha urbana de la Región Metropolitana de Santa Cruz 98
9.1.1. Crecimiento poblacional 98
9.1.2. Expansión de la mancha urbana de la Región Metropolitana 100
9.2. El proceso de metropolización y la necesidad de un sistema de transporte metropolitano eficiente 102
9.2.1. Conurbaciones generadas en la Región Metropolitana de Santa Cruz 102
9.2.2. Necesidades de desplazamientos a escala Metropolitana de Santa Cruz 106
9.2.3. Perdida de horas productivas en el transporte público 109
9.2.4. Actual sistema del transporte intermunicipal 110

10. MARCO NORMATIVO NACIONAL, REGIONAL Y MUNICIPAL 113

10.1. Constitución Política del Estado – CPE 114
10.2. Ley Marco de Autonomías 115
10.3. Ley No. 777 del Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) 116
10.3.1. Plan de Desarrollo Económico y Social en el marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien (PDES) 117
10.4. Ley de Medio Ambiente 1333 117
10.5. Ley No. 1178 – Ley de Control y Administración Gubernamentales 119
10.5.1. Normas básicas del Sistema de Crédito Público 119
10.5.2. Decreto Supremo 181 – Normas Básicas del sistema de administración de Bienes y Servicios 120
10.6. Normativa de Alianzas Público Privadas y Concesiones 120
10.6.1. Decreto Supremo No. 3469 – Contratos Estratégicos de Inversión Conjunta 121
10.6.2. Ley No. 1874: Ley General de Concesiones de obras públicas de transporte 121
10.6.3. Ley Departamental No. 224: Ley Departamental de Promoción de inversiones a través de Alianzas Público – Privadas en el Departamento de Santa Cruz 121
10.7. Ley General de Transporte No. 165 122
10.8. Infraestructura Vial 126
10.9. Ley 441 de control de pesos y dimensiones de vehículos en la Red Vial Fundamental 127
10.10. Ley General de Ferrocarriles (1910) 127

10.11. Los gobiernos subnacionales tienen competencia sobre la movilidad urbana y el transporte en sus jurisdicciones 128
10.11.1. Estatuto Autonómico del Departamento de Santa Cruz 128
10.11.2. Ley No. 96 - Ley autonómica departamental de transporte terrestre de Santa Cruz.. 129
10.11.3. Decreto Reglamentario No. 319 – Reglamento de la Ley de Departamental de Transporte Terrestre 131
10.11.4. Ley No. 1216 - Ley autonómica municipal general de movilidad urbana, sostenible y segura 131
10.11.5. Decreto Municipal 08/2023 - Reglamento de la Ley Autonómica Municipal General de Movilidad Urbana, Sostenible y Segura 132
10.11.6. Leyes municipales que regulan el transporte en los municipios de la Región Metropolitana de Santa Cruz y en el municipio de Montero 132
10.12. Programa Nacional Sectorial de transporte (PLANAST) 133
10.13. Programas Departamentales de transporte (PRODET) 133
10.14. Programas Municipales de transporte (PROMUT) 133
10.14.1. Plan Maestro para la mejora del Transporte en el Área Metropolitana de Santa Cruz135
10.14.2. Plan de Movilidad Urbana Sostenible y Segura 135
10.15. Disposiciones relativas a la Región Metropolitana 136
10.16. Instancia Departamental de Asuntos Metropolitanos 137
10.16.1. Marco Normativo de la IDAM 137
10.16.2. Atribuciones 138
10.17. Actores estatales relevantes 139
10.17.1. A nivel nacional 139
10.17.2. A nivel sub nacional 141
10.18. Planes, estrategias y políticas en el sector transporte 142
10.18.1. Proyectos impulsados por el Gobierno Nacional 142
10.18.2. Proyectos impulsados desde los gobiernos subnacionales 143
10.19. La visión metropolitana 143
10.20. Normativa específica sobre la infraestructura del transporte ferroviario 144

SECCCIÓN 4 – ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE METROPOLITANO 145

11. DATOS GENERALES DE LA MOVILIDAD URBANA EN BOLIVIA 146

11.1. El parque vehicular y su composición 146
11.1.1. Los estándares de emisiones y la antigüedad del parque vehicular 151
11.2. La tasa de motorización 152
11.3. La partición modal 153

11.4. Distancia y Motivo de viajes en el Área Metropolitana de Santa Cruz 154
11.5. El transporte urbano de mercancías 154

12. EL SISTEMA GRIS DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ 155

13. PLAN MAESTRO DE TRANSPORTE PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE SANTA CRUZ (2017) 156

13.1. Información de viajes de hogares y viajes diarios 156
13.1.1. Características del hogar 156
13.1.2. Tasa de Viaje y Propósito del Viaje 158
13.1.3. Distancia y tiempo de viaje 162
13.1.4. Modo de transporte y características relacionadas con el modo 168
13.1.5. Distribución de viajes 172
13.1.6. Características de los viajes diarios 177
13.2. Conteos de tráfico clasificado por tipo de vehículo 178
13.2.1. Volumen de tráfico diario máximo 178
13.2.2. Porcentaje de cada tipo de vehículo 182
13.3. Actividad diaria 183
13.3.1. Resultados 184
13.4. Transporte de carga 186
13.4.1. Metodología 186
13.4.2. Muestras 186
13.4.3. Resultados 187
13.5. Movimiento de Camiones 188
13.5.1. Resultados 189

14. ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, FINANCIERA, LEGAL, SOCIAL Y AMBIENTAL PARA LA OPERACIÓN DE LA FASE 1 DEL NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE BUS RAPID TRANSIT (BRT) EN SANTA CRUZ DE LA SIERRA (2020) 196

14.1. Consideraciones preliminares y metodológicas 197
14.2. Demanda actual en el CNS 199
14.2.1. Patrones de viaje en transporte público en el área de influencia del CNS 199
14.2.2. Análisis de la demanda 201
14.2.3. Demanda futura en el Corredor Norte Sur 212

15. ESTUDIO DE MERCADO DEL EDTP DEL PROYECTO TREN METROPOLITANO SANTA CRUZ – WARNES – MONTERO Y CONEXIÓN CON EL AEROPUERTO INTERNACIONAL VIRU VIRU (2023) 217

15.1. Modelo de la oferta 219
15.1.1. Red Vial 219
15.1.2. Red de Transporte Público 220
15.1.3. Sistema tarifario de Transporte Público 224
15.2. Modelo de la demanda 226
15.2.1. Zonificación 226
15.2.2. Matrices Origen - Destino 229
15.2.3. Definición de Años de Análisis 241
15.2.4. Proyección de la Demanda 242
15.3. Ajuste y calibración del Modelo de transporte 243
15.3.1. Resultados del ajuste y calibración – Transporte Privado 243
15.3.2. Asignación de Transporte Privado Calibrado 244
15.3.3. Resultados del ajuste y calibración – Transporte Público 246
15.3.4. Asignación de Transporte Público Calibrado 248
15.4. Pronóstico de la demanda 250
15.4.1. Expansión de la matriz considerando el Proyecto Nueva Santa Cruz (horizontes 2037, 2047) 253
15.4.2. Pronóstico de la demanda al horizonte 2037 254
15.4.3. Pronóstico de la demanda al horizonte 2047 255

16. ESTUDIO DE AFORO VEHICULAR EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ (2022) 259

16.1. Metodología 260
16.2. Cuantificación del flujo vehicular por punto 261
16.2.1. Punto 1 de aforo, Doble vía a La Guardia 261
16.2.2. Punto 2 de aforo, Puente al Urubó, Mario Foinanini 263
16.2.3. Punto 3 de aforo, Puente de ingreso al Aeropuerto Internacional Viru Viru 264
16.2.4. Punto 4 de aforo, Carretera a Cotoca (Tranca) 265
16.2.5. Punto 5 de aforo, Carretera a Pedro Lorenzo (Tranca) 266
16.2.6. Punto 6 de aforo, Av. G77 267
16.3. Ingreso y salida vehicular en la RMSCZ 268
16.4. Resultados generales del estudio 268

16.5. Comparación de los resultados del estudio de aforo vehicular (2022) con los resultados del estudio de JICA (2017) 269
16.5.1. Ingreso a la RMSCZ 270
16.5.2. Salida a la RMSCZ 271
16.5.3. Proyecciones 272

17. ESTUDIO ORIGEN - DESTINO Y CONTEO DE PASAJEROS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ (2023) 273

17.1. Estudio Origen – Destino en la Región Metropolitana 273
17.1.1. Residencia y destino de los encuestados 274
17.1.2. Medios de transporte utilizados 275
17.1.3. Tiempo de permanencia y propósito de viaje 285
17.1.4. Otros aspectos relevados 286
17.2. Estudio de Conteo de Pasajeros en la Región Metropolitana 287

18. COMPARACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR POR EJE EN LOS ESTUDIOS REVISADOS 294

SECCIÓN 5 – ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS DE TRANSPORTE FERROVIARIOS 296

19. ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIPOS DE TRANSPORTE FERROVIARIO 296

19.1. Material rodante 296
19.2. Nivel de servicio 297
19.3. Capacidad de transporte 298
19.4. Impactos ambientales 300
19.5. Costos 300
19.5.1. Costos de inversión 300
19.5.2. Costos de operación y mantenimiento 301
19.6. Dificultad de implementación 302

20. SISTEMAS FÉRROVIARIOS EN CIUDADES LATINOAMERICANAS 306

21. SISTEMAS FÉRROVIARIOS EN CIUDADES BOLIVIANAS 308

21.1. Tren Metropolitano de Cochabamba 310
21.1.1. Características técnicas y otras consideraciones 313

22. LOS FACTORES GEOGRÁFICOS Y FÍSICOS EN RELACIÓN A LOS SISTEMAS FERROVIARIOS 314

22.1. Subsistema Infraestructura 314
22.2. Subsistema Energía 315
22.3. Subsistema de control, mando y señalización 316
22.4. Factores geográficos y físicos 317
22.4.1. Configuración general de la vía férrea 317

23. DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ 318

23.1. Planta Termoeléctrica de Warnes 320
23.2. Requerimiento de energía para proyectos ferroviarios 321

SECCIÓN 6 – ANÁLISIS INTEGRAL DEL SISTEMA DE CENTROS URBANOS DE LA RMSCZ A SER VINCULADOS POR EL TRANSPORTE FÉRREO 322

24. MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ 322

25. ÁREA DE INFLUENCIA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ 323

26. PESO DEMOGRÁFICO DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ 324

27. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS DE LOS MUNICIPIOS CONFORMANTES DE LA REGIÓN METROPOLITANA 325

27.1. Características económicas del municipio de Santa Cruz de la Sierra 325
27.2. Características económicas del municipio de Warnes 326
27.3. Características económicas del municipio de Porongo 327
27.4. Características económicas del municipio de Cotoca 328
27.5. Características económicas del municipio de El Torno 329
27.6. Características económicas del municipio de La Guardia 330
27.7. Características económicas del municipio de Montero 331
27.8. Características económicas del municipio de Colpa Bélgica 331

28. SISTEMA DE CIUDADES CONSOLIDADOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA 332

28.1. Categorización de las ciudades en la Región Metropolitana 333

29. EQUIPAMIENTOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA 336

29.1. Distribución de hospitales en la Región Metropolitana 336
29.2. Distribución de centros de formación académica 338

29.3. Parques industriales en la Región Metropolitana 340
29.4. Aeropuertos en la Región Metropolitana 344
29.5. Terminales de buses en la Región Metropolitana 346
29.6. Equipamientos en la Región Metropolitana 348

SECCIÓN 7 – CLASIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TRANSPORTE FÉRREO DE CERCANÍAS EN LA RMSCZ POR FASES 349

30. IDENTIFICACIÓN DE EJES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTES FÉRREOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ 349

31. COMPLEMENTARIEDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTES FÉRREOS CON LA PLANIFICACIÓN METROPOLITANA 353

31.1. Planificación Metropolitana 353
31.2. Análisis comparativo y priorización entre ejes del sistema férreo 356
31.2.1. Influencia urbana sobre el eje norte 357
31.2.2. Influencia urbana sobre el eje este 358
31.2.3. Influencia urbana sobre el eje sur 359
31.3. Identificación de alternativas de fases para su implementación 360
31.3.1. Análisis del Eje Norte 360
31.3.2. Análisis del Eje Este 362
31.3.3. Análisis del Eje Sur 363

SECCIÓN 8 – ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL DERECHO DE VÍA FÉRREA 365

32. RED FÉRREA Y EQUIPAMIENTOS URBANOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA 365

32.1. Acceso a la actual vía férrea 366

SECCIÓN 9 – ANÁLISIS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES FÉRREAS 367

33. CRITERIOS PARA ESTABLECER LA UBICACIÓN DE ESTACIONES 368

34. ESTACIONES EN EL EJE NORTE 369

34.1. Análisis de entorno de las estaciones del eje norte 370

35. ESTACIONES EN EL EJE ESTE 377

35.1. Análisis de entorno de las estaciones del eje este 378

36. ESTACIONES EN EL EJE SUR 382

36.1. Análisis de entorno de las estaciones del eje sur 383

37. TIPOLOGÍAS DE ESTACIONES 386

37.1. Estaciones principales 387
37.2. Estaciones dobles 387
37.3. Estaciones simples 388

38. ESTACIONES TOTALES DEL SISTEMA DE TRANSPORTES FÉRREOS DE CERCANÍAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA 389

38.1. Estaciones dobles 390

39. FASES DEL TREN DE CERCANÍAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA 391

39.1. Alternativa 1: Eje norte – Eje Sur (como segunda fase) 391
39.2. Alternativa 2: Eje norte – Eje Este – (como segunda fase) 392
39.3. Análisis de alternativas para la implementación de la fase 2, del Tren de Cercanías 393
39.4. Alternativa más óptima para la Región Metropolitana 394

40. EXPROPIACIONES NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TREN DE CERCANÍAS 395

SECCIÓN 10 – MATERIAL TRACTOR Y MATERIAL RODANTE MÁS ÓPTIMO PARA LOS TRENES DE CERCANÍAS 396

41. MATERIAL TRACTOR Y RODANTE 396

41.1. Resumen de características técnicas 396
41.1.1. Condicionantes. normativa aplicable 397
41.1.2. Capacidades y prestaciones 399
41.2. Material rodante para el servicio férreo de pasajeros 445
41.2.1. Modelo Desiro de SIEMENS 445
41.2.2. Modelo Coradia de ALSTOM 447
41.2.1. Modelo Civity de CAF 448
41.3. Material rodante para el servicio férreo de carga 449
41.3.1. Modelo Bitrac de CAF 449
41.3.1. Modelo Vectron de Siemens 450

41.3.1. Modelo Prima 2 de Alstom 450

SECCIÓN 11 – REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA Y ANÁLISIS DE ELECTRIFICACIÓN DEL SISTEMA 451

42. INTRODUCCION Y OBJETO 451

43. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO 452

43.1. Material Rodante 452
43.2. Características de operación 453
43.2.1. Características operativas del Eje Norte 453
45.2.2.1 Ubicación propuesta para subestaciones de tracción del Eje Norte 453
43.2.2. Eje Sur 454
45.2.2.1 Ubicación propuesta para subestaciones de tracción del Eje Sur 454
43.2.3. Características operativas del Eje Este 455
45.2.2.1 Ubicación propuesta para subestaciones de tracción del Eje Este 455

44. LINEA AÉREA DE CONTACTO 456

44.1. Características Generales de la Catenaria 1500 VCC 457
44.1.1. Criterios de diseño 457
44.1.2. Características generales 457

45. ALIMENTACIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO 466

45.1. Red de Acometidas 467
45.2. Red de distribución interna 468
45.3. Subestaciones de tracción 469

46. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE TRACCIÓN 475

46.1. Cables Feeder 475
46.2. Circuito de retorno 477
46.3. Seccionadores 477
46.4. Canalizaciones 480

47. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO 481

47.1. Análisis de caídas de tensión 481
47.2. Estudio de potencia demandada 482

SECCIÓN 12 – IDENTIFICACIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS NECESARIAS 484

48. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA 484

48.1. Criterios de diseño 485
48.2. Características generales 485
48.2.1. Sistema de enclavamiento 485

49. COMUNICACIONES 499

49.1. Criterios de diseño 499
49.2. Características generales 499

50. SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN VIARIA 504

50.1. Criterios de diseño 504
50.2. Características Funcionales 505
50.2.1. Prioridad en la operación 506
50.2.2. Señalización luminosa 508
50.2.3. Señalización vertical 511
50.2.4. Señalización horizontal 512
50.2.5. Señalización fija complementaria 513
50.2.6. Clasificación de los cruces 513
50.3. Características Generales 514
50.3.1. Armario de Señalización Viaria 514
50.3.2. Luces de Señalización 514
50.3.3. Elementos de señalización para automóviles y peatones 514
50.3.4. Elementos de señalización para el tren 515

51. MEJORAMIENTO VIAL 519

SECCIÓN 13 – ANÁLISIS DE COSTOS APROXIMADOS DE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA (POR FASES) 520

52. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL EJE NORTE 520

53. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL EJE SUR 522

54. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL EJE ESTE 524

55. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN TODAS SUS FASES 526

SECCIÓN 14 – ANÁLISIS DE INVERSIÓN, FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN POR FASES 527

56. REQUERIMIENTOS DE INVERSIÓN 527

57. ANÁLISIS DE COSTOS OPERATIVOS Y PROYECCIÓN A 30 AÑOS 527

57.1. Costos operativos 528

58. ESTIMACIÓN DE INGRESOS 530

58.1. Ingresos Tarifarios 530
58.2. Ingresos No Tarifarios 532
58.2.1. Prestación de servicios y comercio de productos 532
58.2.2. Impuesto inmobiliario diferenciado (plusvalía) 533

59. DISEÑO DEL PLAN DE FINANCIAMIENTO 534

59.1. Definición de tres planes de financiamiento 535
59.1.1. Plan A. (PROYECTO DE GOBIERNO) 536
59.1.2. Plan B (PROYECTO APP) 536
59.1.3. Plan C (PROYECTO APP/CONCESION) 536
59.1.4. Estructura financiera 536

60. CONSTITUCIÓN DE ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO GARANTÍA Y FUENTE DE PAGO 537

60.1. Calificación de la entidad 538
60.2. Calificación de la estructura financiera 539

61. ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO 540

61.1. PLAN A (Proyecto de Gobierno) 540
61.1.1. Principales usos de los bonos verdes 541
61.1.2. Pasos a seguir para financiamiento vía bonos verdes 542
61.1.3. Los pasos más importantes de la COP 28 543
61.1.4. Riesgo país y la manera de mitigarlo 543
61.2. Plan B (Proyecto APP) 543
61.3. Plan C (Proyecto APP / Concesión) 544
61.3.1. Perfil del concesionario 545
61.4. Comparación de escenarios de financiamiento 546

62. RECUPERACIÓN DE PLUSVALÍAS 547

63. ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD AL 2050 550

63.1. Ingresos No Tarifarios 553

SECCIÓN 15 – IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES IMPACTOS POSITIVOS 554

64. IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS 554

64.1. Tiempo promedio de viaje por tipo de transporte 554
64.2. Tiempo disponible para la productividad 556
64.3. Cantidad de metros cuadrados adicionales de espacio público y áreas verdes por la implementación del tren de cercanías 557
64.4. Cantidad de personas que acceden a las estaciones en bicicleta 558
64.5. Cantidad de personas con discapacidad que tienen acceso al sistema de transporte559
64.6. Cantidad de nuevas rutas de transporte a raíz de la implementación del tren de cercanías 560
64.7. Mejora en el nivel de comodidad en la infraestructura de transporte 561
64.8. Impacto en el valor de los bienes raíces 562
64.9. Cantidad de empleos directos generados a partir del tren de cercanías 562
64.10. Cantidad de empleos indirectos a partir del tren de cercanías 563
64.11. Cantidad de nuevos comercios generados en las zonas de influencia del tren de cercanías 564

SECCIÓN 16 – IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE COMPLEMENTARIOS AL TREN DE CERCANÍAS 565

65. MODOS DE TRANSPORTE COMPLEMENTARIO AL TREN DE CERCANÍAS 565

65.1. Modos de transporte complementarios en el Eje norte 566
65.2. Modos de transporte complementarios en el Eje Este 567
65.3. Modos de transporte complementarios en el Eje Sur y centro urbano de la Región Metropolitana 568

SECCIÓN 17 – RUTA CRÍTICA 569

66. PASOS DE LA RUTA CRITICA 569

66.1. PASO 1: Elaboración de los estudios de preinversión 570
66.2. PASO 2: Definición del esquema financiero 570

66.3. PASO 3: Elección de la forma de administración y la operación de los trenes de cercanías 571
66.4. PASO 4: Diseño e implementación de la estrategia comunicacional y la prevención de conflictos 571
66.4.1. Estrategia comunicacional 571
66.4.2. Prevención de conflictos 572
66.5. PASO 5: Licitación de la construcción de la infraestructura de los trenes de cercanías 572
66.6. PASO 6: Construcción de la infraestructura del eje norte e implementación de sus componentes 572
66.7. PASO 7: Puesta en marcha e inicio de operaciones del Eje Norte 573
66.8. PASO 8: Implementación de las FASES SIGUIENTES de los trenes de cercanías (Eje Sur y Eje Este) 573

SECCIÓN 18 – INFORMACIÓN GRÁFICA DEL TREN DE CERCANÍAS 573

67. VISTAS VIRTUALES 574

SECCIÓN 19 – CONCLUSIONES 577

68. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO 577

Índice de Figuras

Figura No 1 Mancha metropolitana 32
Figura No 2 Nuevo enfoque de la movilidad sostenible 34
Figura No 3 Planes actualizados de MUS 38
Figura No 4 La MUS y la política regional 39
Figura No 5 El transporte y el entorno saludable en las ciudades 39
Figura No 6 Derechos sobre los usuarios del transporte público 40
Figura No 7 Accesibilidad de persona con discapacidad 41
Figura No 8 Elaboración de estudios de O/D 42
Figura No 9 Acceso a zonas ecológicas 42

Figura No 10 Elaboración de estudios de O/D 43
Figura No 11 Conducción preventiva y Car sharing 44
Figura No 12 Fuentes externa de financiamiento 45
Figura No 13 Fuentes internas de financiamiento 45
Figura No 14 La necesidad de contar con data actualizada de MUS 46
Figura No 15 Observatorio de MUS 47
Figura No 16 Logística urbana 48
Figura No 17 uso de las nuevas tecnologías en la movilidad urbana 48
Figura No 18 Las tres líneas de ferrocarril (Blanco) que propone el Brainshop 52
Figura No 19 Organigrama para la elaboración del Estudio 53
Figura No 20 Ejemplo de Grupo focal realizado para otro tipo de estudios 66
Figura No 21 Red ferroviaria oriental operada por FOSA 81
Figura No 22 Tráfico de pasajeros de FOSA (hasta el 2018) 82
Figura No 23 Volumen de carga transportada por FOSA (hasta el 2022) 83
Figura No 24 Tráfico de exportación realizado por FOSA (en toneladas) 83
Figura No 25 Tráfico de importación realizado por FOSA (en toneladas) 84
Figura No 26 Tráfico de carga regional transportada por (en toneladas) 84
Figura No 27 Cruce de la vía férrea con la avenida Cumavi 85
Figura No 28 Instalaciones de la maestranza Guaracachi 86
Figura No 29 Esquema de vías de la salida del corredor ferroviario de la Ciudad de Santa Cruz 87
Figura No 30 Terminal de transferencia de Warnes – Cabecera Sur y detalle 88
Figura No 31 Cruces de vía en las afueras del municipio de Santa Cruz de la Sierra 88
Figura No 32 Estado de la vía férrea en las proximidades al Parque Industrial Ramón Dario Gutierrez 89
Figura No 33 Material rodante con tanques circulando por la vía férrea de la red oriental 90
Figura No 34 Material tractor U10B 90
Figura No 35 Material tractor U20C 91
Figura No 36 Ferrobús de transporte de pasajeros 91
Figura No 37 Corrector central (4to Anillo) 93
Figura No 38 Corrector radial (Santa Cruz – Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru) 94
Figura No 39 Tren Metropolitano de Santa Cruz (según el brainshop metropolitano) 97
Figura No 40 Comportamiento de la población en diferentes censos 99
Figura No 41 Expansión de la mancha urbana en la Región Metropolitana de Santa Cruz 101
Figura No 42 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y Warnes 103
Figura No 43 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y Cotoca 104
Figura No 44 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y La Guardia 105
Figura No 45 Desplazamiento municipal y metropolitano 107
Figura No 46 Desplazamiento en la Región Metropolitana de Santa Cruz 108
Figura No 47 Pérdida económica por cada usuario del transporte público intermunicipal 110
Figura No 48 Transporte público intermunicipal en el eje norte 111
Figura No 49 Transporte público intermunicipal en el eje este 111

Figura No 50 Transporte público intermunicipal en el eje oeste 112
Figura No 51 Transporte público intermunicipal en el eje sur 112
Figura No 52 Crecimiento poblacional vs crecimiento parque vehicular 147
Figura No 53 Distribución del parque vehicular por tipo de servicio 148
Figura No 54 Crecimiento de Vehículos por tipo de servicio 149
Figura No 55 Parque vehicular de Bolivia, según Departamento (2019-2020) 150
Figura No 56 Parque vehicular por año de modelo (2020) 152
Figura No 57 Tasa de motorización (2010-2020) 153
Figura No 58 Tenencia de automóviles por hogar en los municipios 157
Figura No 59 Ingreso mensual del hogar y tenencia de automóvil por hogar 158
Figura No 60 Composición del propósito del viaje por Municipio 159
Figura No 61 Tasa de viaje por ingreso mensual del hogar 160
Figura No 62 Tasa de viaje según el propósito por grupo de edad 160
Figura No 63 Tasa de viaje por grupo de edad y por sexo 161
Figura No 64 Tasa de viaje y tenencia de automóviles 162
Figura No 65 Distancia de viaje y propósito de viaje 162
Figura No 66 Tiempo de viaje y propósito de viaje 163
Figura No 67 Ingreso mensual del hogar y tiempo de viaje 164
Figura No 68 Distancia media de viaje según el modo de viaje 165
Figura No 69 Tiempo medio de viaje por modo de viaje 165
Figura No 70 Distancia media de viaje por ingreso mensual del hogar 166
Figura No 71 Tiempo medio de viaje por ingreso mensual del hogar 166
Figura No 72 Hora de salida según propósito de viaje 167
Figura No 73 Hora de llegada según propósito de viaje 167
Figura No 74 Participación modal de transporte por municipio 168
Figura No 75 Participación modal de transporte según propósito de viaje 169
Figura No 76 Participación modal de transporte según ingreso mensual familiar 169
Figura No 77 Participación modal de transporte por tiempo de viaje 170
Figura No 78 Participación modal de transporte por distancia de viaje 171
Figura No 79 Número de transbordos en transporte público 171
Figura No 80 Composición de la distribución de viajes por municipio - Todos los viajes 173
Figura No 81 Composición de la distribución de viajes por municipio 174
Figura No 82 Líneas de deseo de todos los viajes 175
Figura No 83 Líneas de deseo de los viajes diarios al lugar de trabajo 176
Figura No 84 Líneas de deseo de los viajes diarios al centro de estudio 176
Figura No 85 Distancia media al lugar de trabajo por municipio 177
Figura No 86 Distancia hasta el centro educativo (km) 178
Figura No 87 Resultado del conteo de la PCU diaria (Unidad de Automóvil de Pasajeros) 179
Figura No 88 Resultado del conteo de pasajeros diarios 180
Figura No 89 Resultado del Conteo de PCU durante el pico de la mañana (7:00-10:00) 181
Figura No 90 Resultado del Conteo de PCU durante el pico de la tarde (18:00-21:00) 182

Figura No 91 Porcentaje por tipo de vehículo (Izq.: Resumen todas las ubicaciones, Der.: Ubicación de puntos) 183
Figura No 92 Tasas de viaje por propósito de viaje por grupo de ingresos basados en la encuesta de actividad diaria 185
Figura No 93 Distribución de muestra de la Encuesta de Transporte de cargas 186
Figura No 94 Patrón de origen y destino de los camiones encuestados 190
Figura No 95 Densidad de Generación de Viajes del Movimiento de Camiones 191
Figura No 96 Densidad de Atracción de Viajes del Movimiento de Camiones 192
Figura No 97 Distribución de las horas de salida de los viajes dentro del Área del Proyecto 193
Figura No 98 Distribución de las horas de salida de los viajes que cruzan o están fuera del Área del Proyecto 193
Figura No 99 Líneas de deseo de camiones estudiados 194
Figura No 100 Trayectoria de los vehículos de carga en el área central 195
Figura No 101 Corredor Norte - Sur 196
Figura No 102 Área de influencia del Corredor Norte – Sur para determinación de la demanda 197
Figura No 103 Tramos del estudio del CNS 198
Figura No 104 Spider desire lines en transporte público por día 200
Figura No 105 Spider desire lines de transporte público entre las zonas del CNS día 201
Figura No 106 Líneas de deseo entre las tres zonas NORTE, CENTRO y SUR del CNS 202
Figura No 107 Distribución horaria y espacial de la demanda de transporte público en año base desde sector NORTE hacia el resto (izq.) y desde sector SUR hacia el resto (der.) del CNS 203
Figura No 108 Distribución horaria y espacial de la demanda de transporte público en año base desde sector CENTRO hacia el NORTE (izq.) y hacia el SUR (der.) 204
Figura No 109 Demanda de transporte público desde la zona norte hacia el sur (Warnes y Aeropuerto Internacional Viru Viru por Autovía del Norte y Av. Cristo Redentor) 207
Figura No 110 Demanda de transporte público desde la zona sur hacia el norte (sobre Av. Santos Dumont) 208
Figura No 111 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo hora pico AM 2020 211
Figura No 112 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo 2020 213
Figura No 113 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo 2025 214
Figura No 114 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo 2035 215
Figura No 115 Resumen de demanda (dirección norte) en CNS en años horizonte 216
Figura No 116 Resumen de demanda (dirección sur) en CNS en años horizonte 217
Figura No 117 Plan de gestión 218
Figura No 118 Red vial – modelo Vissum 219
Figura No 119 Esquema de conector (arcos) y nodos 220
Figura No 120 Rutas de Transporte público dentro del modelo de transporte Visum 221
Figura No 121 Lista de rutas de Transporte público en el modelo de transporte Visum 222
Figura No 122 Longitudes de líneas de transporte público 223
Figura No 123 Densidad de población y de trabajadores en Santa Cruz 224
Figura No 124 Introducción del sistema tarifario en el modelo de Visum 225
Figura No 125 Esquema de una zona de tráfico 226

Figura No 126 Zonas de tráfico en el modelo de transporte Visum 228
Figura No 127 Zonas de tráfico modelo de transporte Visum – Santa Cruz de la Sierra 229
Figura No 128 Matriz O-D para el transporte privado 230
Figura No 129 Generación de viajes matriz OD vehículos privados– Santa Cruz (2023) 231
Figura No 130 Atracción de viajes matriz OD vehículos privados– Santa Cruz (2023) 232
Figura No 131 Matriz Origen – Destino para el transporte público ingreso bajo 233
Figura No 132 Generación de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Bajo, Año 2023 234
Figura No 133 Atracción de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Bajo, Año 2023 ... 235
Figura No 134 Matriz Origen – Destino para el transporte público Ingreso medio 236
Figura No 135 Generación de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Medio, Año 2023237
Figura No 136 Atracción de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Medio, Año 2023 238
Figura No 137 Matriz Origen – Destino para el Transporte Público Ingreso Alto 239
Figura No 138 Generación de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Alto, Año 2023 240
Figura No 139 Atracción de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Alto, Año 2023 241
Figura No 140 Tendencia de crecimiento poblacional del área metropolitana de Santa Cruz 242
Figura No 141 Asignación de viajes en transporte privado calibrado 245
Figura No 142 Asignación de viajes en transporte privado calibrado – Santa Cruz de la Sierra 246
Figura No 143 Asignación de Viajes en Transporte Público Total Calibrado 249
Figura No 144 Asignación de Viajes en Transporte Público Total – Ciudad de Santa Cruz Calibrado 250
Figura No 145 Demanda potencial Tren Metropolitano en el 4to anillo (Periodo de modelación - horizonte 2027) 251
Figura No 146 Demanda potencial Tren Metropolitano (Terminal Bimodal – Warnes – Montero),252
Figura No 147 Demanda potencial Tren Metropolitano ramal Aeropuerto (Periodo de modelación - horizonte 2027) 253
Figura No 148 Demanda del Tren Metropolitano en el 4to anillo (2047) 256
Figura No 149 Demanda del Tren Metropolitano Estación Bimodal – Warnes - Montero (2047) 257
Figura No 150 Demanda del Tren Metropolitano – Aeropuerto Internacional Viru Viru (2047) ... 258
Figura No 151 Clasificación de los vehículos contabilizados 261
Figura No 152 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Doble Vía a La Guardia Km13) 262
Figura No 153 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Puente al Urubó Mario Foianini) 263
Figura No 154 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Carretera al Norte, ingreso a Viru Viru)264
Figura No 155 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Tranca Santa Cruz - Cotoca) 265
Figura No 156 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Tranca a Pedro Lorenzo) 266
Figura No 157 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Av. G77 y Sonilum) 267
Figura No 158 Porcentajes totales de ingreso y salida de vehículos en los puntos de aforo 268
Figura No 159 Vehículos que Ingresan a la RMSCZ (comparación EAV 2022 vs estudio JICA 2017) 270
Figura No 160 Vehículos que Salen a la RMSCZ (comparación EAV 2022 vs estudio JICA 2017)271
Figura No 161 Ámbito de aplicación de las encuestas O/D y caracterización de los encuestados274
Figura No 162 Residencia y destino 274
Figura No 163 Medios de transporte utilizados 275

Figura No 164 Usuarios de un solo medio de transporte 276
Figura No 165 Usuarios de dos medios de transporte – primer viaje 277
Figura No 166 Usuarios de dos medios de transporte – segundo viaje 278
Figura No 167 Usuarios de tres medios de transporte – primer viaje 279
Figura No 168 Usuarios de tres medios de transporte – segundo viaje 280
Figura No 169 Usuarios de tres medios de transporte – tercer viaje 281
Figura No 170 Usuarios de cuatro medios de transporte – primer viaje 282
Figura No 171 Usuarios de cuatro medios de transporte – segundo viaje 283
Figura No 172 Usuarios de cuatro medios de transporte – tercer viaje 284
Figura No 173 Usuarios de cuatro medios de transporte – tercer viaje 285
Figura No 174 Tiempo de permanencia en destino y propósito de viaje 286
Figura No 175 Otros aspectos relevados 286
Figura No 176 Flujo de pasajeros en Santa Cruz de la Sierra por día 287
Figura No 177 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Norte 288
Figura No 178 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Norte 289
Figura No 179 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Sur 289
Figura No 180 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Sur 290
Figura No 181 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Este 291
Figura No 182 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Este 292
Figura No 183 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Oeste 293
Figura No 184 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Oeste 294
Figura No 185 Resultados comparativos entre estudios de aforo 295
Figura No 186 Capacidades máximas 299
Figura No 187 Costos de capital 300
Figura No 188 Costos de Operación y Mantenimiento 301
Figura No 189 Estación Central de La Paz 309
Figura No 190 Trazado Tren Metropolitano (Etapa 1) 311
Figura No 191 Trazado Tren Metropolitano (Etapa 1) 312
Figura No 192 Túneles y viaductos ferroviarios 314
Figura No 193 Túneles y viaductos ferroviarios 315
Figura No 194 Subsistema de energía 315
Figura No 195 Subsistema de energía 316
Figura No 196 Subsistema de energía 317
Figura No 197 Sección transversal de energía de vía férrea en terraplén 318
Figura No 198 Sistema Interconectado Nacional 319
Figura No 199 Termoeléctrica de Warnes 321
Figura No 200 Municipios de la Región Metropolitana de Santa Cruz 322
Figura No 201 Municipios influenciados por la Región Metropolitana de Santa Cruz 323
Figura No 202 Peso demográfico de la Región Metropolitana de Santa Cruz 324
Figura No 203 Sistema de ciudades de la Región Metropolitana de Santa Cruz 335
Figura No 204 Distribución de Hospitales en la Región Metropolitana 337
Figura No 205 Universidad Autónoma Gabriel René Moreno 338

Figura No 206 Distribución de universidades e institutos 339
Figura No 207 Parque Industrial Ramón Dario Gutiérrez 340
Figura No 208 Parque Industrial Latinoamericano 341
Figura No 209 Parque Agroindustrial del Norte 341
Figura No 210 Parque Empresarial Coronado 342
Figura No 211 Parque Industrial Maccaferri 342
Figura No 212 localización de los Parques Industriales operativos de la RMSCZ 343
Figura No 213 Aeropuerto El trompillo 344
Figura No 214 Aeropuerto Internacional Viru Viru 344
Figura No 215 Aeropuertos en la Región Metropolitana de Santa Cruz 345
Figura No 216 Terminal Bimodal de Santa Cruz 346
Figura No 217 Terminal Bimodal de Santa Cruz 346
Figura No 218 Terminales de buses en la Región Metropolitana de Santa Cruz 347
Figura No 219 Distribución de los principales equipamientos en la Región Metropolitana 348
Figura No 220 Tren de cercanías - Norte 350
Figura No 221 Tren de cercanías - Este 351
Figura No 222 Tren de cercanías - Sur 352
Figura No 223 Ejes para la implementación de Tren de Cercanías en la Región Metropolitana 353
Figura No 224 Planificación del SISTEMA GRIS - IDAM GAD SC 354
Figura No 225 Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez 355
Figura No 226 Planificación - Proyecto HUB VIRU VIRU 355
Figura No 227 Zona urbana consolidada del municipio de Santa Cruz de la Sierra 356
Figura No 228 Influencia urbana sobre el Eje Norte 357
Figura No 229 Influencia urbana sobre el Eje Este 358
Figura No 230 Influencia urbana sobre el Eje Sur 359
Figura No 231 Vías férrea en la Región Metropolitana 366
Figura No 232 Estaciones en el Eje Norte 369
Figura No 233 Estaciones en el Eje Este 377
Figura No 234 Estaciones en el Eje Sur 382
Figura No 235 Esquema de estación principal 387
Figura No 236 Esquema de estación doble 388
Figura No 237 Esquema de estación simple 388
Figura No 238 Estaciones del Tren de Cercanías 389
Figura No 239 Estaciones dobles 390
Figura No 240 Alternativa 1 para la implementación de las fases del Tren de Cercanías .. 391
Figura No 241 Alternativa 2 para la implementación de las fases del Tren de Cercanías .. 392
Figura No 242 Derecho de vía del sistema férreo RMSCZ 395
Figura No 243 Modelo Desiro en operación 446
Figura No 244 Configuración del modelo Desiro de Siemens 446
Figura No 245 Modelo 3d del Coradia de Alstom 447
Figura No 246 Configuración del modelo Coradia de Alstom 447
Figura No 247 Modelo Civity en operación 448

Figura No 248 Configuración del modelo Civity de CAF 448
Figura No 249 Modelo Bitrac de CAF 449
Figura No 250 Modelo Vectron de Siemens 450
Figura No 251 Modelo Vectron de Siemens 451
Figura No 252 Configuración de la catenaria simple extra extensa 458
Figura No 253 Esquema de descentramiento en recta/tangente 458
Figura No 254 Esquema de descentramiento en curva 459
Figura No 255 Ejemplo de implementación de postes en disposición lateral 461
Figura No 256 Ejemplo de equipos de compensación 463
Figura No 257 Esquema de configuración en seccionamiento 464
Figura No 258 Propuesta de canalización enterrada 467
Figura No 259 Detalle del cableado 468
Figura No 260 Esquema unifilar tipo – Red de distribución y media tensión sin acometida 471
Figura No 261 Esquema unifilar tipo – Red de distribución y media tensión con acometida 472
Figura No 262 Esquema unifilar tipo – Red de tracción y corriente continua 473
Figura No 263 Planta tipo 1 – Subestación de tracción 474
Figura No 264 Planta tipo 2 – Subestación de tracción 474
Figura No 265 Configuración de tipo de cable Feeder 476
Figura No 266 Seleccionados unipolar tipo a instalar en armario 479
Figura No 267 Ejemplo de accionamiento eléctrico 491
Figura No 268 Arquitectura del sistema ASFA 498
Figura No 269 Red principal de comunicación primaria 501
Figura No 270 Esquema bucle ferroviario 507
Figura No 271 Estados de semaforización 510
Figura No 272 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 1 y 2) ... 515
Figura No 273 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 3 y 4) ... 516
Figura No 274 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estación 5) 516
Figura No 275 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 6 y 7) ... 517
Figura No 276 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 8 y 9) ... 517
Figura No 277 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 10 y 11) 518
Figura No 278 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 12 y 13) 518
Figura No 279 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Talleres) 518
Figura No 280 Vía a construir en la Terminal de Transferencia Norte 519
Figura No 281 Estación central de Sao Paulo 533
Figura No 282 Desarrollo Inmobiliario en alrededor del Tren (Proyecto de Medellín) 534
Figura No 283 Modelos de Apps 535
Figura No 284 Funcionamiento de las FIBRAs 552
Figura No 285 Pasos clave de la ruta crítica 569
Figura No 286 El ITCP y el EDTP como instrumentos claves de la preinversión 570
Figura No 287 Perspectiva interior de la Estación Intermodal del Norte 574
Figura No 288 Perspectiva exterior de la Estación Intermodal del Norte 574
Figura No 289 Vista aérea 1 de la Estación Intermodal del Norte 575

Figura No 290 Vista aérea 2 de la Estación Intermodal del Norte 575
Figura No 291 Perspectiva interior de la estación 576
Figura No 292 Perspectiva interior de pasarela de acceso a la estación 576

Índice de cuadros

Cuadro No 1 Ficha técnica – Tren Metropolitano Santa Cruz-Warnes-Montero 57
Cuadro No 2 Primer producto – Sub productos 1 y 2 67
Cuadro No 3 Primer producto – Sub productos 3 y 4 68
Cuadro No 4 Segundo producto – Sub producto 1 69
Cuadro No 5 Segundo producto – Sub productos 2 y 3 70
Cuadro No 6 Segundo producto – Sub productos 4 y 5 71
Cuadro No 7 Segundo producto – Sub productos 6 y 7 72
Cuadro No 8 Segundo producto – Sub productos 8 y 9 73
Cuadro No 9 Segundo producto – Sub productos 10 y 11 74
Cuadro No 10 Segundo producto – Sub productos 12 al 15 75
Cuadro No 11 Cronograma – Primer producto 77
Cuadro No 12 Cronograma – Segundo producto 77
Cuadro No 13 Cronograma – Segundo producto 92
Cuadro No 14 Crecimiento poblacional de la Región Metropolitana de Santa Cruz 99
Cuadro No 15 Tiempo aproximado de desplazamiento entre centros urbanos 109
Cuadro No 16 Niveles de categorías para la evaluación de impacto ambiental 118
Cuadro No 17 Entidades competentes de acuerdo a la infraestructura vial 126
Cuadro No 18 Leyes de transporte en los municipios de la RMSC y Montero 132
Cuadro No 19 Actores estatales del nivel nacional 139
Cuadro No 20 Órgano Municipal responsable del sector transporte en el Departamento de Santa Cruz 141
Cuadro No 21 Órgano Municipal responsable del sector transporte en la Región Metropolitana de Santa Cruz y Montero 141
Cuadro No 22 Parque vehicular según tipo de servicio 148
Cuadro No 23 Reparto modal en las áreas metropolitanas de Bolivia 153
Cuadro No 24 Tasa de viaje por propósito de viaje en el Área Metropolitana 158
Cuadro No 25 Propósitos de viaje combinados y ejemplos 184
Cuadro No 26 Comparación de las tasas de viaje y factores de ajuste 185
Cuadro No 27 Composición del tipo de vehículo de generación de viaje 187

Cuadro No 28 Todos los viajes divididos por la suma de la cantidad de trabajadores o área 187
Cuadro No 29 Tasa promedio de viaje 188
Cuadro No 30 Lista de empresas 188
Cuadro No 31 Información resumida de los datos de movimientos de camiones 189
Cuadro No 32 Pasajeros en transporte público entre sectores CNS y resto del Área Metropolitana en el año base 205
Cuadro No 33 Pasajeros subidos (en %) en transporte público entre sectores CNS y resto del Área Metropolitana en el año base 205
Cuadro No 34 Distribución horaria de la demanda en año base según dirección y tramo de análisis del CNS 209
Cuadro No 35 Matriz de Tarifas del Área Metropolitana de Santa Cruz 225
Cuadro No 36 Comparación de volúmenes de vehículos observados y modelados 243
Cuadro No 37 Comparación de volúmenes de pasajeros observados y modelados 246
Cuadro No 38 Afluencia Potencial por línea – Horizonte 2027 251
Cuadro No 39 Cronograma de Trabajo – Primer Producto 254
Cuadro No 40 Cantidad de pasajeros & ingresos diarios para los escenarios óptimos - 2037 ... 254
Cuadro No 41 Cantidad de pasajeros & ingresos anuales para los escenarios óptimos - 2037 . 254
Cuadro No 42 Cantidad de pasajeros & ingresos diarios para los escenarios óptimos - 2047 ... 255
Cuadro No 43 Cantidad de pasajeros & ingresos anuales para los escenarios óptimos - 2047 . 255
Cuadro No 44 Cantidad de ascenso y descenso de pasajeros por estación (2047) 258
Cuadro No 45 Resultados del estudio Aforo Vehicular en la Región Metropolitana de Santa Cruz269
Cuadro No 46 Resultados del estudio JICA en los puntos de aforo 270
Cuadro No 47 Índice del crecimiento anual del tráfico vehicular que ingresa a la RMSCZ 271
Cuadro No 48 Índice del crecimiento anual del tráfico vehicular que sale de la RMSCZ 272
Cuadro No 49 Proyección del flujo tráfico vehicular que ingresará a la RMSCZ 272
Cuadro No 50 Proyección del flujo tráfico vehicular que saldrá de la RMSCZ 273
Cuadro No 51 Análisis de la tecnología – Material rodante 297
Cuadro No 52 Análisis de la tecnología – Nivel de servicio 298
Cuadro No 53 Análisis de la tecnología – Capacidad 299
Cuadro No 54 Análisis de la tecnología – Impactos 300
Cuadro No 55 Análisis de la tecnología – Costos de capital 301
Cuadro No 56 Resumen de los ámbitos Material rodante, Nivel de servicio y Capacidad 303
Cuadro No 57 Resumen de los ámbitos Impacto Ambiental y Costos 304
Cuadro No 58 Comparación de ventajas y desventajas por tipo de transporte ferroviario 305
Cuadro No 59 Sistemas ferroviarios en ciudades de América Latina 307
Cuadro No 60 Características económicas del municipio de Santa Cruz de la Sierra 325
Cuadro No 61 Características económicas del municipio de Warnes 326
Cuadro No 62 Características económicas del municipio de Porongo 327
Cuadro No 63 Características económicas del municipio de Cotoca 328
Cuadro No 64 Características económicas del municipio de El Torno 329
Cuadro No 65 Características económicas del municipio de La Guardia 330
Cuadro No 66 Características económicas del municipio de Montero 331

Cuadro No 67 Características económicas del municipio de Colpa Bélgica 331
Cuadro No 68 Tipologías de ciudades 333
Cuadro No 69 Tipologías de ciudades 334
Cuadro No 70 Influencia de los principales equipamientos de la Región Metropolitana 336
Cuadro No 71 Análisis de influencia sobre el Eje Norte 360
Cuadro No 72 Análisis de influencia sobre el Eje Este 362
Cuadro No 73 Análisis de influencia sobre el Eje Sur 363
Cuadro No 74 Orden de fases para la implementación de un Tren de Cercanías 365
Cuadro No 75 Acceso de los municipios a la Vía Férrea 367
Cuadro No 76 Estación Norte 1 (Montero) y Estación Norte 2 370
Cuadro No 77 Estación Norte 3 y Estación Warnes 371
Cuadro No 78 Estación PILAT y Estación Chuchío 372
Cuadro No 79 Estación Nueva Santa Cruz y Estación Intermodal Norte 373
Cuadro No 80 Estación Parque Industrial 2 y Estación Parque Industrial 1 374
Cuadro No 81 Estación de Transferencia 2 y Estación de Transferencia 1 375
Cuadro No 82 Estación Bimodal 376
Cuadro No 83 Estación de Transferencia 2 y Estación Este 2 378
Cuadro No 84 Estación Este 3 y Estación Campanero 379
Cuadro No 85 Estación Este 5 y Estación Puerta Pailas 380
Cuadro No 86 Estación Pailón 381
Cuadro No 87 Estación de Transferencia 1 y Estación Plan 3000 383
Cuadro No 88 Estación Sur 1 y Estación Sur 2 384
Cuadro No 89 Estación Sur 3 y Estación Sur 4 385
Cuadro No 90 Estación Sur 5 y Estación Sur 6 386
Cuadro No 91 Análisis para la identificación de la FASE 2 del Tren de Cercanías 393
Cuadro No 92 Características técnicas del eje norte 398
Cuadro No 93 Normas internacionales para cableados 433
Cuadro No 94 Normas internacionales para cableados 444
Cuadro No 95 Ubicaciones propuestas para las subestaciones de tracción del Eje Norte 453
Cuadro No 96 Ubicaciones propuestas para las subestaciones de tracción del Eje Sur 455
Cuadro No 97 Ubicaciones propuestas para las subestaciones de tracción del Eje Este 456
Cuadro No 98 Separación mínima de postes y la vía férrea 460
Cuadro No 99 Potencia estimada del grupo rectificador del Eje Norte 482
Cuadro No 100 Potencia estimada del grupo rectificador del Eje Sur 483
Cuadro No 101 Potencia estimada del grupo rectificador del Eje Este 483
Cuadro No 102 Tipología y aspecto de señales (Parte 1) 494
Cuadro No 103 Tipología y aspecto de señales (Parte 2) 495
Cuadro No 104 Semaforización vial 508
Cuadro No 105 Semaforización peatonal 509
Cuadro No 106 Semaforización ferroviaria 509
Cuadro No 107 Semaforización ferroviaria adicional 510
Cuadro No 108 Semaforización ferroviaria avanzada 511

Cuadro No 109 Características técnicas del eje norte 520
Cuadro No 110 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Norte 521
Cuadro No 111 Características técnicas del eje sur 522
Cuadro No 112 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Sur 523
Cuadro No 113 Características técnicas del eje este 524
Cuadro No 114 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Este 525
Cuadro No 115 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Este 526
Cuadro No 116 Presupuesto referencial de todo el proyecto 527
Cuadro No 117 Depreciaciones anuales (Año 1 al año 10) 528
Cuadro No 118 Consideraciones técnicas operativas en USd 528
Cuadro No 119 Costos operativos anuales en USd por estación por año y por km/año 529
Cuadro No 120 Costos operativos anuales en USd 529
Cuadro No 121 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 1 al Año 10) – Escenario 1 530
Cuadro No 122 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 11 al año 20) – Escenario 1 530
Cuadro No 123 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 21 al año 30) – Escenario 1 531
Cuadro No 124 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 1 al año 10) – Escenario 2 531
Cuadro No 125 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 11 al año 20) – Escenario 2 531
Cuadro No 126 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 21 al año 30) – Escenario 2 531
Cuadro No 127 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 1 al año 10) – Escenario 3 531
Cuadro No 128 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 11 al año 20) – Escenario 3 532
Cuadro No 129 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 21 al año 30) – Escenario 3 532
Cuadro No 130 Comparación de los escenarios de financiamiento 546
Cuadro No 131 Líneas estratégicas (Parte 1) 548
Cuadro No 132 Líneas estratégicas (Parte 2) 549
Cuadro No 133 Lista de Indicadores 554
Cuadro No 134 Indicador: Impacto en el valor de los bienes raíces 555
Cuadro No 135 Indicador: Tiempo disponible para la productividad 556
Cuadro No 136 Indicador: Cantidad de metros cuadrados adicionales de espacio público y áreas verdes por la implementación del tren de cercanías 557
Cuadro No 137 Indicador: Cantidad de personas que acceden a las estaciones en bicicleta 558
Cuadro No 138 Indicador: Accesibilidad de personas con discapacidad 559
Cuadro No 139 Indicador: Cantidad de nuevas rutas de transporte a raíz de la implementación del tren de cercanías 560
Cuadro No 140 Indicador: Mejora en el nivel de comodidad de la infraestructura de transporte 561
Cuadro No 141 Indicador: Impacto en el valor de los bienes raíces 562
Cuadro No 142 Indicador: Cantidad de empleos directos generados 563
Cuadro No 143 Indicador: Cantidad de empleos directos generados 564
Cuadro No 144 Indicador: Cantidad de nuevos comercios generados 565
Cuadro No 145 Complementación del eje norte con otras modalidades de transporte 566
Cuadro No 146 Complementación del eje este con otras modalidades de transporte 567
Cuadro No 147 Complementación del eje sur y centro urbano metropolitano con otras modalidades de transporte 568

GLOSARIO

Balasto: El balasto es la grava o piedra partida heterogranular que, formando una capa o banqueta, se extiende bajo otros componentes que integran la vía férrea y sobre la explanación para asentar y sujetar las traviesas que soportan los carriles. Se trata de un tipo de piedra con unas características especiales de resistencia y dureza. En las líneas de alta velocidad el espesor del balasto se establece en 35 cm bajo durmiente y de 45 cm en los túneles, viaductos y estructuras

Bogie (ing): Carro o eje al que se fijan las ruedas de un vehículo ferroviario, que soporta un vagón, el extremo de arrastre de una locomotora o un extremo del vehículo, y que puede pivotar bajo él; también se llama carretón o carretilla

Durmiente: También denominado “traviesa” Elemento de apoyo de madera, hormigón o metal sobre el que se arrostran los carriles constituyendo el nexo de unión entre éstos y el balasto; tiene dos funciones: mantener el espaciamiento de los carriles (es decir, el ancho de vía) y trasmitir los esfuerzos que recibe al balasto subyacente.

Material tractivo: Vehículos con capacidad tractora, generalmente es la primera parte de un convoy ferroviario.

Material rodante: Todos los vehículos que pueden circular por una vía férrea.

Peralte: Diferencia de nivel entre los dos rieles en un trazado en curva, con el fin de compensar la fuerza centrífuga y equilibrar los esfuerzos sobre los rieles.

Riel: Barra metálica sobre la que se encajan las ruedas del ferrocarril para poder circular.

Vagón: Unidad móvil ferroviaria sin sistema de propulsión propio destinada al transporte de mercancías.

Vía Férrea: Estructura compuesta por dos carriles cuya inclinación y separación relativas son mantenidas por las traviesas, que están apoyadas sobre una capa de balasto de espesor variable, separada de la plataforma por una subbase.

Tranvía: Vehículo ferroviario para el servicio urbano de superficie, destinado al transporte de pasajeros.

Tren: Serie de vehículos acoplados unos con otros que, remolcados por una locomotora o un automotor, conducen pasajeros o mercancías de un punto a otro por una vía férrea.

Tren tram: Es un vehículo derivado del tranvía capaz de ejecutar varias rutas. La doble capacidad de voltaje del tren-tram le permite el acceso a las infraestructuras de ferrocarriles y tranvías, puede

funcionar dentro de las normas ferroviarias y pasar a un funcionamiento en modo tranvía al entrar en la ciudad.

Trocha: Ancho de vía o la distancia entre las caras internas de las dos filas de rieles.

SECCCIÓN 1 – METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

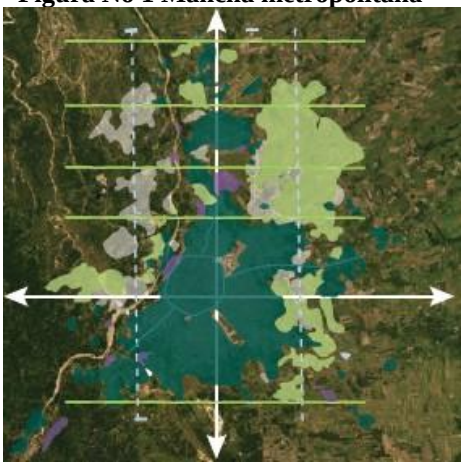
1. CONCEPTO Y ENFOQUE

Conforme se indican en los términos de referencia, el acelerado y continuo aumento de la población de la Región Metropolitana de Santa Cruz (municipios de Santa Cruz, Warnes, Cotoca, La Guardia, El Torno y Porongo), estimulado por las elevadas tasas de inmigración de los últimos 50 años ha ocasionado el desarrollo y configuración de una amplia mancha urbana que ha crecido paulatina y sostenidamente a lo largo de las principales vías de comunicación y centros poblados más cercanos a la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, generando una creciente demanda de transporte para esta nueva población.

Los servicios de transporte que fueron generados localmente para la atención de esta nueva y creciente demanda, han ido surgiendo de manera espontánea, de la mano de emprendimientos particulares, logrando satisfacer parcialmente las necesidades locales, aunque con algunas deficiencias en lo que se refiere a la calidad, seguridad, cantidad y oportunidad de las unidades de transporte, y con costos relativamente altos.

En la actualidad, el transporte interurbano de la región metropolitana y su área de influencia se extiende principalmente en las siguientes direcciones: Al norte hacia Warnes y Montero; al sur hacia Basilio; al este hacia Cotoca y Pailón; y al oeste hacia La guardia, Porongo y El Torno.

Figura No 1 Mancha metropolitana



Fuente: UPSA

El actual sistema de transporte interurbano que ha sido desarrollado por emprendimientos privados y bajo visiones locales trae consigo consigo una serie de problemas que afectan directamente a la población que necesita transportarse de un municipio a otro dentro de la región metropolitana. El servicio de transporte no ha sido estructurado del modo que requiere una Región Metropolitana, en términos de calidad de transporte, unidades de transporte masivos, tiempos de traslado, costo del transporte, etc. Por lo que es necesaria la planificación de un Sistema Integrado de Transporte (SIT) en el que converjan diferentes modalidades y se priorice el establecimiento de un modo de transporte masivo, de entre todos los modos, el transporte ferroviario es el de mayor capacidad, el cual debe ser el articulador del SIT metropolitano, conectándose con los sistemas de transporte de los municipios que hacen parte de la región metropolitana.

Toda visión de futuro en cualquier escenario de una realidad social, requiere de una planificación organizada, sostenible y diseñada a largo plazo, a fin de alcanzar los objetivos previstos acorde a datos estadísticos que demuestran una realidad esperada. Para ello, es necesario disponer de un diagnóstico de situación actual que permita en lo posterior realizar el diseño final y construcción de un tren metropolitano, como parte del SIT para la región metropolitana de Santa Cruz, el cual se constituirá en el eje neurálgico del sistema, con ubicación y trazado estratégico de la vía férrea y estaciones intermedias y multimodales de conexión con las otras modalidades de transporte de la región metropolitana.

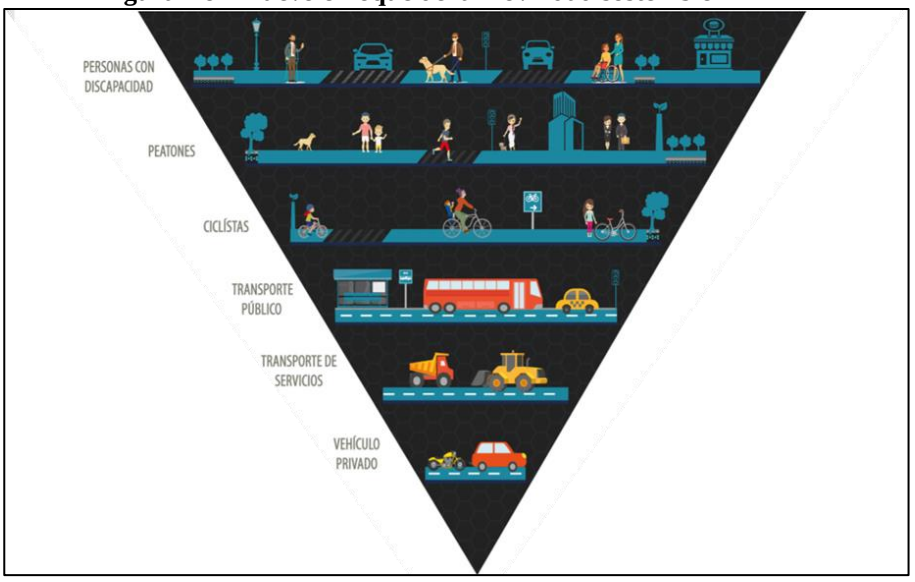
Con el fin de que se entienda el enfoque que se propone, es importante expresar las bases conceptuales en las cuales se construirá la presente consultoría.

1.1. Movilidad Urbana Sostenible - Premisa conceptual en la cual se basa la consultoría

La consultoría no estaría completa si es que no se entiende la necesidad de promover la movilidad sostenible en la región metropolitana.

La vida de las personas no puede entenderse sin un espacio vital para la vida íntima y un espacio público donde se desarrolla el ser social a través de la interacción entre iguales, por lo tanto; el desarrollo de la Movilidad Sostenible, implica un cambio de paradigma que tiene como eje la calidad de vida de las personas.

Figura No 2 Nuevo enfoque de la movilidad sostenible



Fuente: EMBARQ.

La presente consultoría que se elaborará para el Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz (GADSC), considera a la pirámide invertida de la movilidad urbana sostenible como su fuente más relevante de inspiración. Si bien el objeto de estudio son los transportes férreos, la concepción de este estudio priorizará en todo caso la accesibilidad de las personas como principal fin.

Para la empresa unipersonal proponente, las prioridades en la movilidad sostenible son:

1. Peatones (y por encima de todo: personas con discapacidad, niños, adultos mayores, mujeres embarazadas, etc.).
2. Usuarios de bicicletas y modos de transporte no motorizado
3. Usuarios del transporte público y de taxis
4. Usuarios del transporte de mercancías y servicios
5. Personas que se desplazan en vehículo particular

En línea con ello, el nuevo enfoque de Movilidad Urbana Sostenible (MUS) debe orientarse a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, basándose en los principios que se presentan en los apartados siguientes.

1.2. Principios de la MUS

1.2.1. Planear Ciudades Densas a Escala Humana.

Apoyar proyectos que crean viviendas asequibles en los centros o polos de concentración de las ciudades, integrar el transporte con el desarrollo urbano, priorizar modos que son a escala

humana, crear cuadras con usos mixtos de suelo (donde haya comercio y vivienda), crear plazas urbanas y calmar el tráfico (reducir velocidades en sectores residenciales).

1.2.2. Crear una Ciudad Orientada al Transporte Público.

Construir viviendas sin espacios para vehículos motorizados, ubicando zonas comerciales y oficinas en las principales estaciones de transporte público, creando cuadras residenciales de alta densidad (con gran cantidad de residentes) alrededor de las estaciones de transporte público y proporcionando estacionamientos para bicicleta en dichas infraestructuras.

1.2.3. Optimizar la Malla Vial y su Uso.

Apostar por la generación de información de tráfico (puntualidad, congestión, estacionamientos), hacer cumplir las normativas de tránsito y transporte, reducir la velocidad máxima en zonas residenciales, garantizar la captura de valor alrededor del transporte público, mejorar la conectividad urbana y mejorar intersecciones críticas para peatones, ciclistas, y transporte público.

1.2.4. Implementar Mejoras en el Transporte Público.

Garantizar un servicio de transporte público de alta calidad, eficiente y eficaz; basado en indicadores de rendimiento bien definidos. Esto debe complementarse con un sistema equitativo y simple para la venta e integración de sistemas modernos de pasajes, estableciendo asociaciones de transporte público para así integrar horarios, tarifas y pasajes. Las ciudades también deben contar con servicios de taxi accesibles y dinámicos, redes de trasporte público de alto rendimiento y sistemas de trasporte ferroviarios (como es el caso de la presente consultoría); en función a instalaciones de transbordo cómodas con el fin de facilitar la integración de vehículos compartidos, apostando por la co-modalidad y los sistemas integrados de transporte público.

1.2.5. Promover Vehículos Limpios.

Se deben promover programas como los son: chatarrización y retro adaptación de vehículos motorizados en las ciudades, fomentar reembolsos para vehículos eficientes y promover un sistema de inspección técnica y los combustibles limpios; además de seguir las tendencias internacionales de vehículos eléctricos.

1.2.6. Fomentar la Caminata y el Uso de la Bicicleta.

Se debe asumir este medio de transporte como viable, rentable y saludable para la calidad de vida de la población, en este sentido la creación de una red completa de ciclovías, eliminar obstáculos peatonales, construir infraestructura para bicicletas, limitar la expansión de espacio

vial para los automóviles, implementar sistemas de bicicletas públicas, definir islas (de semáforos) para bicicletas, mejorar la seguridad para peatones y ciclistas en las intersecciones, y tener estándares de diseño vial integral de alta calidad para andenes, ciclovías y calles; son, en conjunto, el horizonte que deben seguir las ciudades y sus áreas metropolitanas.

1.2.7. Controlar el Uso de Vehículos Motorizados.

Esto se logrará con incentivos para viajar en bicicleta o transporte público, eliminando gradualmente los vehículos como beneficio laboral y fomentando el teletrabajo y los horarios flexibles; así como políticas que desincentivan el uso del vehículo privado deben ser tomadas en cuenta por la autoridad. El cobro de tarifas por congestión, contaminación y otras medidas, ya son implementadas en varias ciudades de Latinoamérica, y podrían evaluarse para ser implementadas en los municipios que conforman el Región Metropolitana de Santa Cruz.

1.2.8. Gestionar el Estacionamiento.

Definir centros urbanos de logística y distribución, establecer tarifas de estacionamiento, controlar y dar seguridad al cumplimiento de estacionamiento; determinando reglamentos de estacionamiento (por ejemplo, con límites de parqueaderos máximos en edificios) para alcanzar la movilidad sostenible en los municipios.

1.2.9. Comunicar Soluciones.

El dinamismo y bi-direccionalidad en la comunicación entre la población, el servicio y las autoridades es vital para la planificación e implementación de medidas y políticas públicas acordes a la sostenibilidad de la movilidad urbana. Para dicho fin, estrategias de refuerzos positivos como crear premios para empresas amigables con la bicicleta, campañas de promoción para andar en bicicleta, fomentar programas de viajes compartidos y proporcionar acceso a datos para desarrolladores de aplicaciones móviles inteligentes; son acciones que deben consolidarse en el nuevo paradigma de desarrollo de ciudades como lo son los municipios que conforman el Región Metropolitana de Santa Cruz.

1.2.10. Abordar los Retos de Manera Exhaustiva

Es vital que se creen instituciones encargadas del transporte sostenible con una autoridad integrada de planificación urbana y de transporte, además de hacer alianzas de transporte público; esto se puede acompañar con tareas como cuantificar emisiones, desarrollar, implementar y comunicar los planes integrales de movilidad urbana sostenible, monitorear el desempeño de las medidas tomadas, creando o fomentando plataformas de actores clave para medir, revisar y evaluar las medidas.

1.2.11. Educación y Seguridad Vial como eje Transversal.

El proceso de implementación de medidas, acciones y políticas públicas solo tendrá éxito a través de programas permanentes de concientización e incorporación de la ciudadanía en la dinámica del correcto comportamiento y conocimiento de las normas de seguridad y comportamiento en materia de movilidad y desplazamientos de todos los medios y formas que utilizan los habitantes del Región Metropolitana de Santa Cruz, con el fin de construir una mancha conurbada a partir de los ciudadanos.

1.3. Políticas para enmarcar la consultoría

En función a los principios de la movilidad urbana que se presentaron en los apartados anteriores, las políticas que se presentan a continuación se muestran a modo de acciones en las cuales se debe enmarcar el Estudio de diagnóstico para la implementación de transporte férreos de cercanías. Las medidas propuestas a mediano y largo plazo se centran en cinco grandes temas que responden a un pre-diagnóstico identificado. Se plantea su aplicación a través de programas e instrumentos existentes u otros que se podrían crear.

1.3.1. Tema 1 — Promover Políticas Integradas

Con un planteamiento integrado se puede manejar de mejor manera la complejidad de los sistemas de transporte urbano, las cuestiones de gobernanza, las conexiones entre las ciudades y las zonas o regiones que las rodean, la interdependencia entre modos de transporte, las limitaciones dentro del espacio urbano y la función de los sistemas urbanos en el sistema de transporte del país. Se necesita un planteamiento integrado no sólo para el desarrollo de una infraestructura y unos servicios de transporte, sino también para la elaboración de políticas que vinculen el transporte con la protección del medio ambiente, desarrollando un entorno saludable, el ordenamiento territorial, la vivienda, los aspectos sociales de la accesibilidad y la movilidad, así como la política industrial. Planificar el transporte de forma estratégica e integrada, crear organizaciones adecuadas para la planificación de la movilidad y establecer metas realistas, resultan fundamentales para afrontar los retos a largo plazo de la movilidad urbana y fomentar la cooperación con los operadores de transporte y entre ellos.

Medida no. 1 - Acelerar la elaboración de planes actualizados de movilidad urbana sostenible

Figura No 3 Planes actualizados de MUS

Fuente: Google images

A corto plazo, en aplicación de una Estrategia Temática para el Medio Ambiente Urbano, se deben desarrollar planes de movilidad urbana sostenible que se ocupen del transporte de pasajeros y mercancías en zonas urbanas y periurbanas. Se debe desarrollar material orientativo, promover el intercambio de mejores prácticas, determinar valores de referencia y apoyar actividades educativas para profesionales en movilidad urbana.

Medida nº 2 — Movilidad urbana sostenible y política regional

A fin de dar mayor publicidad a los fondos puestos a disposición por los niveles gubernamentales, se exhorta publicar información sobre el vínculo existente entre las medidas de movilidad urbana sostenible y los objetivos de la política regional en las actuales condiciones generales. Se ocupará del marco más amplio para el desarrollo urbano sostenible y de las relaciones entre el transporte urbano e interurbano de los municipios del Región Metropolitana de Santa Cruz y la red nacional de transporte. Todo ello ayudará a las autoridades en la búsqueda de posibilidades de financiamiento de los planes, programas y proyectos de movilidad urbana.

Figura No 4 La MUS y la política regional

Fuente: América Economía

Medida nº 3 — El transporte a favor de un entorno urbano saludable

Figura No 5 El transporte y el entorno saludable en las ciudades

Fuente: GAMSC

Un transporte urbano sostenible puede contribuir a crear entornos saludables y a reducir enfermedades no contagiosas (respiratorias y cardiovasculares, por ejemplo) y a prevenir las lesiones. Se debe apoyar el establecimiento de asociaciones a favor de entornos saludables y otras sinergias entre sanidad pública y política de transporte, en el contexto de las competencias del GADSC en materia de salud pública; en particular en la aplicación de las estrategias sobre nutrición, sobrepeso y obesidad, medio ambiente y salud.

1.3.1. Tema 2 — Responder a las necesidades de los ciudadanos

Un transporte público de gran calidad y asequible es la piedra angular de un sistema de transporte sostenible. Fiabilidad, información, seguridad y facilidad de acceso son vitales para que los servicios de buses y otros modos propuestos como es el caso de los sistemas de transporte ferroviario, atraigan a los ciudadanos y permitan su movilidad urbana en condiciones óptimas de accesibilidad. Es importe mencionar que la normativa nacional ya regula buena parte de las inversiones y operaciones en materia de transporte público. La implementación de concesiones y de permiso de operación transparentes tienen múltiples beneficios y pueden favorecer la innovación en los servicios y la tecnología, algo que no se ha explorado a profundidad en nuestro país, pero que se puede promover desde el nivel departamental. Garantizar un elevado nivel de protección de los derechos de los pasajeros, incluidos los pasajeros de movilidad reducida, es uno de los objetivos importantes que las autoridades deben alentar. Ya existe legislación al respecto en relación con los servicios de transporte que necesitan ser optimizados y ampliados con conceptos de accesibilidad universal.

Medida nº 4 — Plataforma sobre los derechos de los pasajeros en el transporte público

Figura No 6 Derechos sobre los usuarios del transporte público

Fuente: El Deber

Es central recomendar la identificación de mejores prácticas a nivel internacional (y en especial regional), estableciendo condiciones para reforzar los derechos de los pasajeros en el transporte público del Región Metropolitana de Santa Cruz. Partiendo de iniciativas sectoriales y completando el planteamiento reglamentario de las entidades competentes, lo que se pretende es poner en marcha una serie de ambiciosos compromisos voluntarios, incluyendo el establecimiento de indicadores comunes de calidad, compromisos para proteger los derechos de los pasajeros y de las personas de movilidad reducida, así como procedimientos y protocolos de reclamos y mecanismos de notificación.

Medida nº 5 — Mejorar la accesibilidad de las personas de movilidad reducida

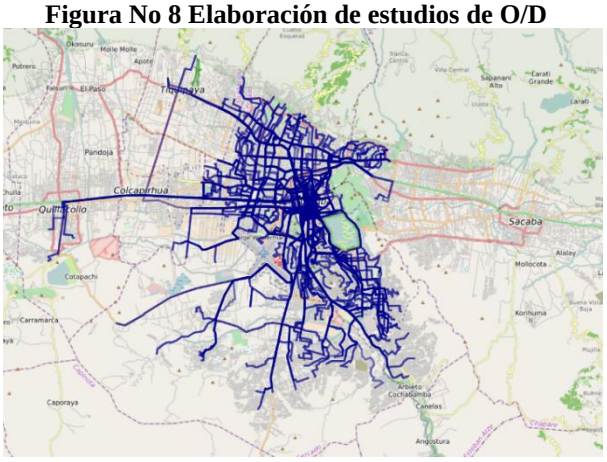
Figura No 7 Accesibilidad de persona con discapacidad

Fuente: El País

Las personas con discapacidad tienen derecho a acceder al transporte público en igualdad de condiciones que el resto de la población; sin embargo, con frecuencia ese acceso es insuficiente y en ocasiones inexistente. La Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, incluye unas obligaciones muy claras al respecto que se deben promover y defender. El presente estudio, es particularmente sensible a las necesidades de este grupo de la población.

Medida nº 6 — Mejorar la información sobre los viajes

Figura No 8 Elaboración de estudios de O/D



Fuente: ITDP

Es importante que las autoridades trabajen con los operadores de transporte público y otros actores para facilitar la oferta de información sobre los viajes, a través de diferentes medios de comunicación, incluyendo información sobre las necesidades de las personas con discapacidad. Se deben desarrollar sistemas de planificación de itinerarios multimodales a nivel local, así como de conexiones entre los sistemas de ese tipo con el objetivo en última instancia; de ofrecer a los usuarios un portal sobre desplazamientos en transporte público a escala de toda el Región Metropolitana de Santa Cruz, incluyendo los principales puntos nodales de la red de transporte nacional de Bolivia y en sus conexiones locales con las principales ciudades del país.

Medida nº 7 — Acceso a zonas ecológicas

Figura No 9 Acceso a zonas ecológicas

Fuente: Google images

Si bien el presente estudio no tiene el fin de analizar este extremo, se recomienda que las autoridades competentes inicien un estudio integral sobre las diferentes necesidades normativas de acceso a los distintos tipos de zonas ecológicas del país, dimensionando la manera en la que funcionan los sistemas actuales en la práctica. A partir de los resultados de ese estudio, se exhorta facilitar el intercambio de buenas prácticas con países vecinos y otros ejemplos regionales.

Medida nº 8 — Campañas sobre hábitos que favorezcan la movilidad sostenible

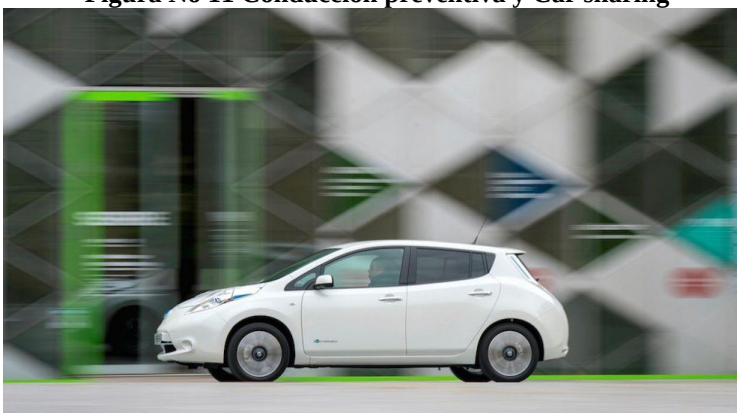
Figura No 10 Elaboración de estudios de O/D

Fuente: SUTP

Las campañas de educación, información y sensibilización desempeñan un papel importante en la creación de una nueva cultura de movilidad sostenible; por tanto, se recomienda la organización de campañas educativas en diferentes niveles. Ello coadyuvará a que proyectos de gran escala se puedan dar en condiciones de seguridad para los peatones.

Medida nº 9 — Inclusión de la conducción de bajo consumo energético en los programas de enseñanza de la conducción

Figura No 11 Conducción preventiva y Car sharing



Fuente: MOVE - PNUMA

La conducción de bajo consumo energético ya es parte obligatoria de los programas de formación y exámen de los conductores para sacar el máximo provecho de una movilidad sostenible en los países vecinos. Ello significa que son a menudo necesarias inversiones en infraestructuras, vehículos, nuevas tecnologías, mejora de los servicios, etc. La mayor parte de los gastos los cubren las fuentes locales, regionales o nacionales. Las fuentes locales de financiamiento son variadas y cabe citar entre ellas a los impuestos municipales, las tarifas del transporte de pasajeros, las tasas de estacionamiento, el peaje urbano o el financiamiento privado. Las crecientes necesidades de financiamiento de complejos sistemas de transporte y la disminución probable del financiamiento público, son los principales desafíos en el contexto internacional. Por lo dicho, se recomienda abordar esta cuestión en el Programa de Acción de Seguridad Vial de Bolivia y programas similares necesarios a implementar en el Región Metropolitana de Santa Cruz.

1.3.2. Tema 3 — Intensificar el Financiamiento

El uso de fondos de diversas fuentes, incluyendo las organizaciones internacionales y multilaterales con intereses reducidos, pueden suponer un incentivo considerable y contribuir a captar fondos privados. A corto plazo se debe alentar a las autoridades y a las partes interesadas a examinar las oportunidades de financiación existentes y a promover regímenes innovadores de asociación entre el sector público y el privado.

Medida nº 10 — Optimización de las fuentes de financiamiento existentes

Figura No 12 Fuentes externa de financiamiento

Fuente: Google images

Se debe elaborar un mapeo de potenciales fuentes de financiamiento existentes de las multilaterales CAF, Banco Mundial y BID y si el caso lo amerita de otras entidades internacionales como AFD, FONPLATA, etc.

Medida nº 11 — Analizar las necesidades de financiamiento en el futuro

Figura No 13 Fuentes internas de financiamiento

Fuente: Google images

Las necesidades de financiar nuevos proyectos de infraestructura y servicios eficientes de transporte, como ser el caso de los sistemas de transporte ferroviarios, podrían necesitar de opciones nuevas de financiamiento, que incluirían el establecimiento de APP´s, créditos directos del Banco Central de Bolivia y/u otros mecanismos innovadores que se podrían plantear. El sector privado puede y debe ser una fuente a la que se recurra para grandes proyectos.

1.3.3. Tema 4 — Compartir Experiencias y Conocimientos

Se recomienda aprovechar la experiencia adquirida y el intercambio de información, en particular sobre los sistemas y modelos desarrollados en el marco de programas exitosos regionales. La intervención de los organismos internacionales en los que Bolivia es País Miembro o Estado Parte, puede ser decisiva a la hora de garantizar la recogida, puesta en común y comparación de información, datos y estadísticas de los que actualmente no se dispone, pero que se consideran necesarios para la correcta formulación de políticas; por ejemplo, sobre la contratación de servicios de transporte público, la internalización de los costos externos del transporte integrado y el ordenamiento territorial. También puede ayudar en ello, recoger conocimientos y recursos financieros para aprovechar las prácticas desarrolladas por ciudades más avanzadas en el campo de la movilidad sostenible, por ejemplo, en asuntos tales como la seguridad de peatones y ciclistas, y la operación de sistemas ferroviarios, donde un intercambio de mejores prácticas puede aumentar la seguridad de los usuarios y la calidad de los servicios en al Región Metropolitana de Santa Cruz.

Medida nº 12 — Mejora de los datos y estadísticas

Figura No 14 La necesidad de contar con data actualizada de MUS

Fuente: ONU Hábitat México

Para subsanar la falta de datos y estadísticas, se recomienda determinar la manera más óptima para mejorar la recopilación de datos en relación con el transporte público y la movilidad. Al respecto, es central explorar las sinergias con las actividades nacionales que ya se encuentran en curso.

Medida nº 13 — Creación de un observatorio de la movilidad

Figura No 15 Observatorio de MUS

Fuente: ALASIMUS

El Región Metropolitana de Santa Cruz debe contar con un observatorio de la movilidad dirigido a los profesionales en temas de movilidad urbana, con el objeto de compartir información, datos y estadísticas, seguir la evolución de la situación y facilitar el intercambio de mejores prácticas. La plataforma debería contener una base de datos sobre la amplia gama de soluciones probadas que ya se han puesto en marcha, material formativo y educativo, programas de intercambio de personal y otras herramientas de apoyo. Además, deberá ofrecer una visión de conjunto de la legislación e instrumentos vigentes aplicables a la movilidad, con activa participación de las universidades públicas y privadas.

1.3.4. Tema 5 — Optimizar la Movilidad

Una integración eficaz, la interoperabilidad y la interconexión entre diferentes redes y modos de transporte son elementos clave de un sistema de transporte eficiente en el marco de la co-modalidad o complementariedad entre modos de transporte. Ello puede facilitar la transferencia modal hacia modos de transporte más respetuosos al medio ambiente y una logística del transporte de mercancías eficaz. Se requiere de modos de transporte público accesibles, asequibles, seguros y confiables, para que los ciudadanos dependan menos del automóvil particular y utilicen el transporte público, caminen y usen la bicicleta más a menudo; también considerar otras formas de movilidad, como los vehículos multiusuarios y el uso compartido del automóvil o de las bicicletas. No hay que olvidar la función que pueden realizar otros modos de transporte, como las bicicletas eléctricas, los ciclomotores, además de los taxis que usan aplicaciones móviles. Las políticas de movilidad de las empresas pueden influir en los hábitos en materia de desplazamientos, atrayendo a los trabajadores a opciones de transporte sostenibles. Las empresas y las administraciones públicas pueden contribuir a modificar esos hábitos con incentivos económicos y con normas en materia de aparcamiento de vehículos.

Medida nº 14 — Transporte urbano de mercancías

Figura No 16 Logística urbana

Fuente: ALADI

Es importante optimizar la eficiencia de la logística urbana y mejorar las conexiones entre el transporte de mercancías a larga distancia, interurbano y urbano, con objeto de garantizar la eficacia del «último kilómetro» del reparto en los municipios que conforman el Región Metropolitana de Santa Cruz. Se deben hacer esfuerzos para incorporar mejor el transporte de mercancías en las políticas y planes municipales y departamentales y en cómo gestionar y controlar mejor los flujos de transporte. Esto es particularmente relevante en proyectos como los servicios ferroviarios.

Medida nº 15 — Sistemas de transporte inteligentes (STI) y modos de transporte sostenible

Figura No 17 uso de las nuevas tecnologías en la movilidad urbana

Fuente: América Economía

También se recomienda la aplicación de STI para favorecer la movilidad, incluyendo la venta y pago electrónico de billetes, la gestión del tráfico, la información sobre los viajes, la regulación del acceso y la gestión de la demanda. Adicionalmente y luego de haber realizado un análisis comparativo de las mejores soluciones de transporte público sostenible, se ha llegado a la conclusión de que los sistemas de transporte ferroviario son los que mejor se adaptan a las necesidades de las ciudades contemporáneas si se consideran aspectos claves como ser: accesibilidad, seguridad, comodidad, confiabilidad, amigabilidad con el medio ambiente, menos generación de ruido, constructibilidad, y generación de nuevos espacios públicos y regeneración urbana. Razón por la cual se conoce que la actual gestión municipal ha decidido encarar la implementación del Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru, la cual constituye la primera fase del sistema. En segundo término, se implementarán líneas al sur del Región Metropolitana de Santa Cruz.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1. Objetivo General

Elaborar un diagnóstico de situación actual con enfoque integral estableciendo las bases técnicas, jurídicas, económicas y medioambientales que permitan el posterior desarrollo, a nivel de Diseño Final, de un Proyecto del Transporte férreo de cercanías en la Región Metropolitana de Santa Cruz.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar el marco legal vigente y las necesidades de desarrollo normativo para el ejercicio pleno de la competencia en materia ferroviaria Departamental - Metropolitana; la responsabilidad administrativa y derecho de vía actual del transporte férreo en la región metropolitana;
- Identificar los posibles actores involucrados (sector público, privado, sociedad civil, etc) y su rol antes, durante y después de la implementación del transporte férreo de cercanías, así como las acciones previas a su implementación (socialización, talleres, acuerdos, comités de seguimiento y otros) en la Región Metropolitana de Santa Cruz.
- Analizar la importancia del mejoramiento del sistema de transporte entre los principales centros urbanos de la Región Metropolitana tomando en cuenta la dinámica poblacional; relaciones (sociales, económicas, culturales y otras) entre los mismos; flujos de demanda (en función a información secundaria) de usuarios que generan y otra información de actividades pendulares necesaria.
- “Identificar alternativas del trazado en planta de las rutas con mayor potencialidad, para el transporte de pasajeros y carga.

- Identificar el material rodante ferroviario con mejores oportunidades para su aplicación en la Región Metropolitana de Santa Cruz y los costos aproximados que conlleva su implementación.
- Identificar posibles impactos sociales, económicos y ambientales.

2.3. Alcance

El alcance de la consultoría incluye la recopilación de información, sistematización de información y elaboración de una base de datos para el diagnóstico de la situación actual, análisis, conclusiones y recomendaciones para la implementación de transportes férreos de cercanías en la región metropolitana.

Considerando el plazo y el presupuesto asignados, la consultoría no incluye la elaboración de estudios de demanda con información primaria ni la creación de modelos de demanda de transporte. Por el contrario, se utilizará la información secundaria y se harán proyecciones estimadas en función al crecimiento poblacional y a estimaciones demográficas de los municipios que se identifiquen como sujetos de estudio de las líneas de transporte ferroviario que ya se han definido en los resultados del Brainshop metropolitano. A continuación se describen algunos aspectos de dichos resultados en función al objeto de la consultoría.

2.3.1. Resultados del Brainshop Metropolitano

El sistema de Cercanías forma parte del sistema GRIS de transportes. Es la columna vertebral del sistema de transportes colectivo, complementado por la otra parte que son los sistemas viarios de tráfico rodado. Es decir, en el Brainshop se define a los sistemas de transporte ferroviario de cercanías como el sistema “troncal” y a los sistemas de buses, como los “alimentadores”.

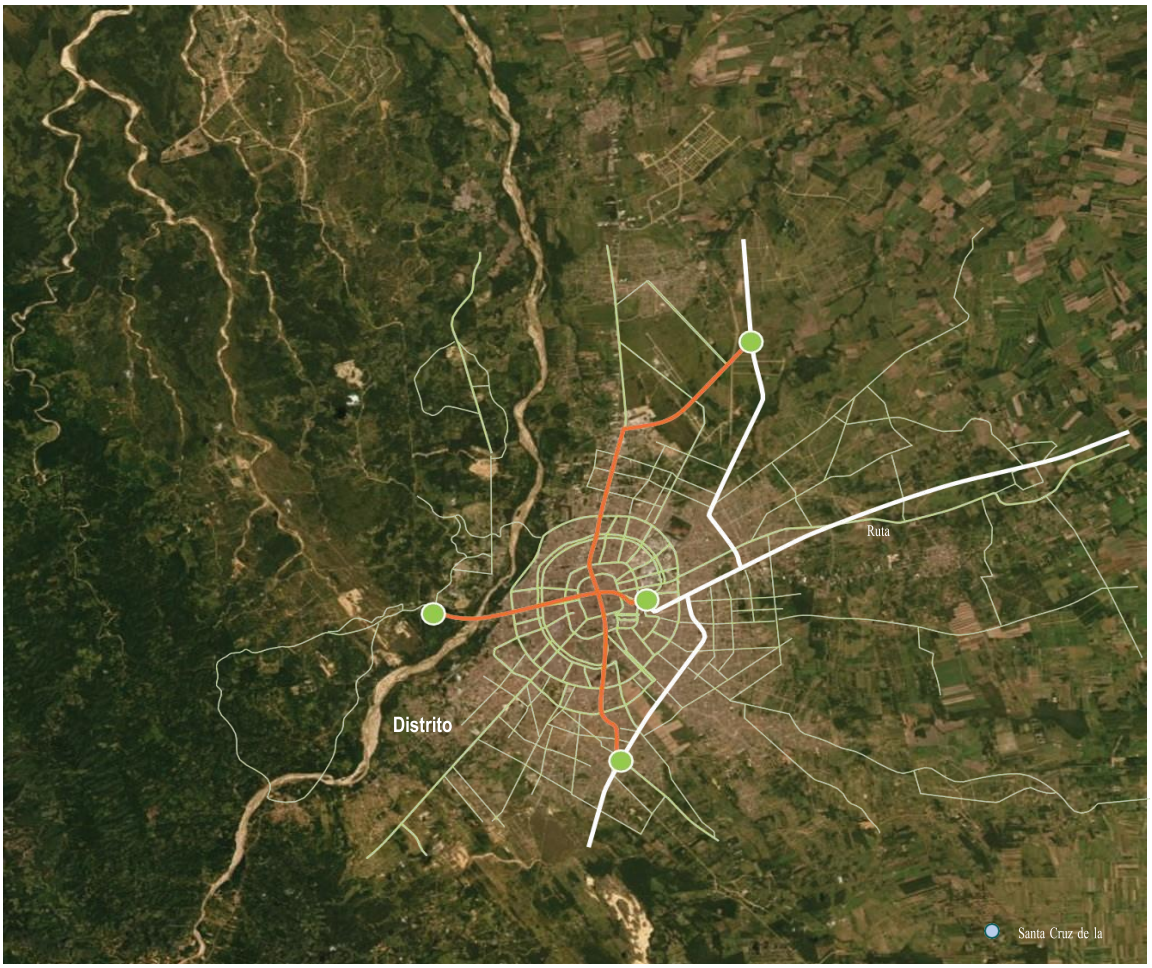
El Brainshop Metropolitano define al sistema de Cercanías como uno ligado al de vivienda y a las políticas habitacionales, en donde el tren de Cercanías sirve a la vivienda y la vivienda alimenta al tren de cercanías. No pueden plantearse el uno sin el otro.

Considerando la inminente construcción de 750 mil unidades habitacionales y que la tendencia a que la cantidad del parque automotor se cuadruplique, ello nos presenta un desafío enorme que pondría fin a la movilidad, sin movilidad no hay economía, y sin ella, es imposible satisfacer las necesidades de los habitantes, haciendo inviable a la Región Metropolitana de Santa Cruz. Una de las soluciones se plantea:

- Establecer un sistema vial que no sea estructuralmente congestionante. Romper el sistema monocéntrico actual, sobre una base orbital/radial, para establecer un sistema policéntrico sobre una base reticular/axial. Permitir con ello que el valor del suelo para las actividades económico-productivas no sea controlado por la OFERTA en el centro metropolitano con un suelo escaso, sino por la DEMANDA, que tendría localizaciones de accesibilidad y valor equivalente a lo largo de todo el sistema vial.
- Establecer unas centralidades urbanas en donde se concentren las infraestructuras tangibles e intangibles necesarias para que la población acceda a las necesidades de desarrollo. Estas son los servicios de infraestructuras físicas, transportes públicos, saneamiento, agua y electricidad entre otros, pero también los equipamientos sociales como la educación, la salud, etc.
- Para ello, un sistema de transportes públicos de alta capacidad, que sirvan de manera directa a esas centralidades urbanas. Sistema que recoge y sirve el grueso de la producción de viviendas necesarias en los próximos 30 años. Este es el sistema de Cercanías con capacidad para 45.000 pasajeros a la hora, mucho mayor a los otros sistemas de movilidad.

La estructura metropolitana, como ya lo hemos visto con anterioridad, tiene tres ejes cardinales Norte, Este y Sur, en donde se producen las mayores demandas de tráfico. Estos ejes son exactamente en donde se encuentran las infraestructuras ferroviarias heredadas. Están infrautilizadas, desperdiciadas para un tráfico de pasajeros, inexistente, así como un tráfico metropolitano todavía sin contemplar.

Figura No 18 Las tres líneas de ferrocarril (Blanco) que propone el Brainshop



Fuente: Brainshop metropolitano

3. METODOLOGÍA

3.1. Esquema General

La metodología para la realización del presente estudio, que a continuación se describe, se sustenta en un orden lógico que tiene la finalidad de establecer la secuencia de actividades que se llevarán a cabo.

Para la elaboración del estudio se propone aplicar una metodología basada en un plan elaborado por todos, al que el equipo consultor dará forma técnica. Este enfoque pretende que el resultado sea un producto útil, factible, eficiente, y validado por los agentes implicados. Debe evitarse convertirlo en un estudio sin contacto con la realidad y sin implicación ni participación, lo que podría conducir a un fracaso, tanto por el rechazo del resultado como algo externo y ajeno, como por proponer medidas inviables o innecesarias para el desarrollo de los sistemas férreos de cercanías. Para ello se empleará una metodología propia desarrollada en numerosos trabajos previos, que se comenta a continuación, en la que la organización se estructura en torno al cliente y al estudio.

Las diferentes etapas y tareas a realizar en el proyecto están alineadas con lo descrito en los términos de referencia y en el alcance del proyecto, y se basan principalmente en la estructura definida a continuación, que quedará detallada en esta metodología:

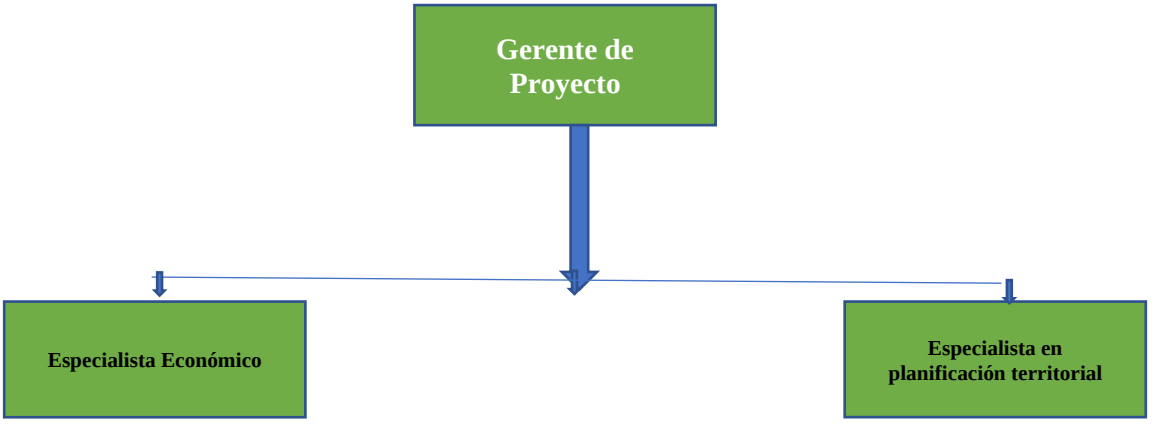
3.2. Tipo de Estudio

Como se insinuó con anterioridad, la presente consultoría no es un ITCP ni un EDTP, sino un diagnóstico muy pertinente, que aportará datos que le servirán al GADSC para definir si es posible que se desarrolle una red de trenes que comuniquen la Región Metropolitana de Santa Cruz.

3.3. Personal propuesto

Cumpliendo con los términos de referencia, el personal que se propone es el siguiente:

Figura No 19 Organigrama para la elaboración del Estudio



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Gerente de Proyecto

Es el profesional líder del equipo encargado de estructurar los 3 productos de la consultoría y su elaboración conforme al cronograma de trabajo. Será el nexo principal con el GADSC para informar sobre los avances y la planificación de las actividades. También será el responsable de la capacitación a los demás profesionales propuestos, transmitiendo correctamente los detalles de los distintos procesos y forma de elaborar el proyecto. Participa activamente del control de calidad, tanto en la determinación de metodologías como en el análisis de resultados. Verifica coherencia de la información de los demás profesionales del proyecto.

Debe dar tareas al especialista económico y al especialista en planificación territorial, coordinando con todos ellos con el fin del cumplimiento de la presente propuesta técnica y del futuro plan de trabajo.

3.3.2. Especialista Económico

Profesional encargado de elaborar el análisis de inversión, financiamiento y sostenibilidad para la implementación por fases, considerando lo siguiente: a) Inversión pública, privada y APP; b) Mecanismos de financiamiento; y c) Implementación de tarifas, considerando los periodos de tiempo en el que se deberán cambiar paulatinamente. También elaborará un análisis de sostenibilidad del proyecto en los próximos 30 años (considerando fases) y determinará de los impactos positivos socio-económicos.

Coordina directamente con el Gerente del Proyecto, de quien depende.

3.3.3. Especialista en Planificación Territorial

Profesional encargado de elaborar el análisis de condiciones previas: Identificación de factores (metropolización, expansión urbana, demanda futura y vinculación de centros urbanos) en general que justifiquen la necesidad de implementar un sistema de transporte férreo en la Región Metropolitana de Santa Cruz y análisis de las normas legales vigentes en el marco de las competencias que establece la CPE respecto a los ferrocarriles, destacando la competencia departamental en el transporte ferroviario. Es importante explorar si existen vacíos legales y/o la necesidad de incorporar normativas específicas.

De la misma manera, realizará el análisis integral de sistema de centros urbanos de la Región Metropolitana e identificación de los principales centros urbanos que son potencialmente vinculables con un sistema de transporte férreos priorizando la atención de la demanda de transporte metropolitano. Utilizará información de la población actual y proyectada, principales actividades económicas, influencia, equipamientos de salud y educación, identificación de centros urbanos sobre la vía férrea y principales centros urbanos de la región metropolitana.

Coordina directamente con el Gerente del Proyecto, de quien depende.

3.3.4. Capacitación

Previamente al inicio de la consultoría, todo el personal será debidamente capacitado en los alcances y los requerimientos que tiene el GADSC y los resultados esperados del trabajo. El gerente del proyecto hará hincapié sobre los siguientes aspectos:

- Explicación sobre la metodología de ejecución de la consultoría, incluyendo el plan de gestión.
- Conducta y disciplina para realizar un trabajo de campo.
- Manejo de posibles situaciones particulares.
- Confidencialidad de la información relevada y entregada.

La capacitación se realizará mediante exposiciones verbales y tendrán como objetivo principal transmitir las instrucciones, conocimientos y habilidades técnicas - sociales necesarias y suficientes a todos los involucrados directa e indirectamente en los trabajos del estudio.

3.4. Producto 1

Conforme se pide en los términos de referencia, el producto 1 incluirá:

- Metodología y plan de trabajo para la realización del estudio.
- Diagnóstico del sistema de transporte ferroviario en el departamento de Santa Cruz y en la Región Metropolitana.
- Análisis de condiciones previas.
- Análisis de la demanda de transporte metropolitano
- Analizar tipologías de transportes férreos implementados en otras metrópolis de la región y en el territorio nacional con sus respectivas características.

3.4.1. Metodología y plan de trabajo para la realización del estudio.

Este subproducto mostrará el abordaje metodológico alienado al desarrollo sostenible tal como se señaló en apartados anteriores, así como también la asignación de recursos humanos y logísticos para satisfacer lo solicitado en el alcance de trabajo. Mostrará un cronograma ya acordado con la supervisión, recogiendo las recomendaciones recibidas en la reunión de arranque. Se mostrará el organigrama final con los nombres de los especialistas asignados a cada tarea.

3.4.2. Diagnóstico del sistema de transporte ferroviario en el departamento de Santa Cruz y en la Región Metropolitana.

Considerando la amplia experiencia de la empresa unipersonal y del personal clave propuesto, se hará un diagnóstico del estado actual de la red oriental ferroviaria en el departamento de Santa Cruz, considerando el estado de la infraestructura y de la operación que realiza la empresa Ferroviaria Oriental S.A.

Un aspecto central de este diagnóstico será el análisis del estado del arte del estudio a nivel EDTP (que se halla en proceso de elaboración) del proyecto Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru.

Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y Conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru

El GAMSC con el fin del que el municipio cuente con un sistema de transporte masivo férreo, se encuentra elaborando el Estudio de Diseño Técnico de Preinversión (EDTP).

Es un sistema ferroviario tipo tren-tram eléctrico que usará una trocha estándar y permitirá una conexión directa entre los principales municipios del área metropolitana. Consta en su primera Fase de tres líneas:

- Línea 1: Línea por el 4to anillo (26 km.)
- Línea 2: Hacia el Aeropuerto Internacional Viru Viru (7 km.)
- Línea 3: De la terminal bimodal de Santa Cruz, pasando por Warnes hasta Montero (59 km.)

Cuadro No 1 Ficha técnica – Tren Metropolitano Santa Cruz-Warnes-Montero

Proyecto	Descripción	Dimensión	Presupuesto	Año de implementación	Observaciones
Tren Metropolitano Santa Cruz - Warnes - Montero	Una línea urbana por el 4to anillo, un ramal hasta el aeropuerto internacional y una línea interurbana.	3 lineas, con un total de 91 km	USD 1000 MM Fuente: No establecido	Se preve iniciar la construcción el año 2024	Se esté elaboramdo el estudio de diseño final (EDTP)

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra

La capacidad instalada del proyecto indica que puede transportar hasta 45 mil pasajeros/hora por sentido. Eso lo convertirá en el principal medio de transporte del futuro sistema integrado de transporte. El Tren Metropolitano se está concibiendo como el medio de transporte masivo de la Región Metropolitana de Santa Cruz y por sus impactos en los flujos de circulación en los anillos de la ciudad, en especial en el 4to Anillo, se debe considerar su impacto para cuando esté construido, lo cual se estima en el 2034.

Se analizará si su trazo y trazado son los más óptimos y si responden a las intenciones señaladas en los resultados del Brainshop Metropolitano.

3.4.3. Análisis de condiciones previas.

Los tdrs piden que se analicen e identifiquen los factores previos (metropolización, expansión urbana, demanda futura y vinculación de centros urbanos) en general que justifiquen la

necesidad de implementar un sistema de transporte férreo en la Región Metropolitana de Santa Cruz y análisis de las normas legales vigentes en el marco de las competencias que establece la CPE respecto a los ferrocarriles, destacando la competencia departamental en el transporte ferroviario. Es importante explorar si existen vacíos legales y/o la necesidad de incorporar normativas específicas.

Para cumplir con ello se partirá con el relevamiento normativo, analizando el marco normativo:

- Constitución Política del Estado
- Ley de Autonomías
- Ley 777 - SPIE
- Ley General de Transporte y sus reglamentos
- Ley Departamental de transporte
- Leyes municipales de movilidad y transporte de los municipios que conforman la región metropolitana
- Otras normativas

Todo ello se hará con el fin de establecer la competencia del GADSC en el transporte ferroviario departamental, estableciendo los límites normativos y en algún caso incluso sugiriendo normas complementarias sobre el tema.

3.4.4. Análisis de la demanda de transporte metropolitano

Se elaborará utilizando la información secundaria de estudios realizados por el GADSC, el estudio de transporte de JICA y otros datos relevantes. Se tomó conocimiento de que el GADSC hizo hace un tiempo un estudio de aforos vehicular en la Región Metropolitana de Santa Cruz, cuyos datos son útiles para el análisis de demanda que se hará. Se aclara que en ningún momento el análisis de demanda se abordará levantando información primaria ni la elaboración de modelos de demanda.

3.4.5. Analizar tipologías de transportes férreos implementados en otras metrópolis de la región y en el territorio nacional con sus respectivas características.

El sector ferroviario es un sector muy dinámico donde el material rodante y tractor viene en constante evolución. En esta parte de la consultoría, se expondrán las ventajas de un abanico de posibilidades disponible. Un aspecto fundamental es la trocha que se recomendará. Históricamente en nuestro país se ha usado la trocha métrica (1.00 metros), sin embargo; la industria internacional y ejemplos recientes (tal es el caso del Tren Metropolitano de Cochabamba) están optando por la trocha estándar (1.435 metros). En este sentido, se

analizarán los factores de topografía, energía disponible y condicionantes físicos para dicha definición.

3.5. Producto 2

Conforme se pide en los términos de referencia, el producto 2 incluirá:

- Análisis integral de sistema de centros urbanos de la Región Metropolitana e identificación de los principales centros urbanos que son potencialmente vinculables con un sistema de transporte férreos.
- Clasificación de la implementación de transporte férreo de cercanías en la región metropolitana de Santa Cruz por fases.
- Análisis del estado actual del derecho de vía (transporte férreo) en la Región Metropolitana.
- Análisis y características de las estaciones (por fases).
- Análisis de las características necesarias del material tractor y material rodante más óptimo para cubrir el servicio de transporte ferroviario de pasajeros y carga.
- Análisis de la “capacidad de producción” de la energía identificada para satisfacer la demanda de la operación de los trenes que transportarán pasajeros y carga en la Región Metropolitana.
- Identificación de obras complementarias (por fases y de manera georreferenciada) para la implementación de transportes férreos de cercanías.
- Análisis de costos aproximados de la infraestructura necesaria (por fases).
- Análisis de Inversión, Financiamiento y sostenibilidad para la implementación por fases.
- Identificación de principales impactos positivos (sociales, económicos y otros) con la implementación de un tren metropolitano de transporte de pasajeros y carga.
- Identificación de alternativas de transporte complementarios al Tren Metropolitano que fortalezca el sistema de transporte metropolitano urbano e interurbano, en el marco de un sistema integrado de transporte.
- Ruta critica
- Imágenes y/o un video del tren metropolitano.
- Compilación de la información presentada anteriormente.
- Resumen ejecutivo

3.5.1. Análisis integral de sistema de centros urbanos de la Región Metropolitana e identificación de los principales centros urbanos que son potencialmente vinculables con un sistema de transporte férreos.

Se hará el referido análisis integral priorizando la atención de la demanda de transporte metropolitano a través del modo de transporte ferroviario. Se considerarán los datos demográficos (considerando información de la población actual y proyectada). Los datos del INE y del ICE son datos que se tomarán en cuenta para tal fin.

En lo referido a la información de las principales actividades económicas, influencia, equipamientos de salud y educación, identificación de centros urbanos sobre la vía férrea y principales centros urbanos de la región metropolitana, todo ello se obtendrá de fuentes secundarias y la utilización de superposición de capas temáticas y planos para determinar áreas de influencia de los servicios del transporte ferroviario de cercanías, considerando centroides y áreas de influencia directa e indirecta, desde el punto de vista de la mejora a la accesibilidad.

3.5.2. Clasificación de la implementación de transporte férreo de cercanías en la región metropolitana de Santa Cruz por fases.

En línea con lo indicado en los resultados del Brainshop Metropolitano, se definirán las fases de implementación del sistema férreo de cercanías. A Priori se puede inferir que el eje norte puede ser el primero, y definir en función a los datos anteriormente abalizados, la temporalidad en la cual se implementarían los ejes Sur y Este. Uno de los aspectos determinantes es sin lugar a dudas las previsiones de crecimiento demográfico.

3.5.3. Análisis del estado actual del derecho de vía (transporte férreo) en la Región Metropolitana.

Uno de los aspectos centrales para la implementación de sistemas ferroviarios de superficie, es el derecho de vía. La normativa boliviana específica es la Ley de Ferrocarriles de 1910. Sin perjuicio de lo cual el crecimiento demográfico en áreas del derecho de vía ferroviario de las vías de nuestro país se ha visto reducido, lo cual va en oposición a las necesidades de seguridad vial y a los requerimientos operativos de los trenes. Al respecto se aclara que los servicios férreos de cercanías, en general imprimen mayores velocidades que los sistemas urbanos, ya que los primeros comunican diferentes municipios y no sólo sectores de una sola ciudad. Por lo tanto, el derecho de vía a lo largo del recorrido y en los lugares donde se planteen las estaciones de intercambio debe contemplar las velocidades operativas y las necesidades físicas de ello.

Un aspecto fundamental que piden los tdrs, es contemplar la visión de un Sistema Integrado de Transporte, en base al cual los servicios férreos de cercanías comuniquen a los municipios de la Región Metropolitana de Santa Cruz con macro proyectos tan importantes como el Hub Viru Viru, que es otro proyecto destacado en el Brainshop Metropolitano.

El nuevo sistema férreo de cercanías se articulará con el sistema GRIS y toda la malla vial metropolitana, considerando además las futuras terminales de transferencia intermodal.

Un aspecto central de esta consultoría, es el tema del análisis logístico. Es decir cual es la manera en la cual se organiza el transporte de mercancías en la Región Metropolitana, considerando el transporte férreo de carga y la relación con el transporte terrestre (carretero) de mercancías. Para tal fin se mapearán los grandes centros de abasto, las terminales y los parques industriales que operan en los diferentes municipios. Finalmente, contemplando la complementariedad entre modos de transporte, se estudiará la relación del sistema férreo de cercanías con el corredor Ferroviario Bioceánico de Integración y de manera referencial la conexión con la Hidrovía Paraguay-Paraná.

3.5.4. Análisis y características de las estaciones (por fases).

- El estudio incluirá una propuesta referencial de las tipologías de estaciones y su jerarquía (clasificación de tipos de estaciones o apeaderos en función a la cantidad de usuarios a atender). El alcance de esto no implica diseños finales ni mucho menos, sino esquemas generales de funcionamiento y recomendaciones técnicas. En cuanto a las localizaciones de dichas infraestructuras, se considerarán los municipios mencionados en el alcance, a los que se incluirá el municipio de Montero y eventualmente, Pailón.

- Se determinará la cantidad y ubicación de las estaciones considerando la planificación metropolitana urbana, vial y logística. Se coordinará con los gobiernos municipales que conforman la Región Metropolitana, aplicando si son pertinente; las recomendaciones del Brainshop.

3.5.5. Análisis de las características necesarias del material tractor y material rodante más óptimo para cubrir el servicio de transporte ferroviario de pasajeros y carga.

Los servicios férreos de cercanías se deben diferenciar en relación al transporte de pasajeros y el transporte de mercancías. Si bien una trocha puede servir para ambos flujos, el material rodante es radicalmente diferente. Para ello se harán propuestas de material rodante, en función

a una comparación de desempeño considerado las variables de energía, capacidad, velocidad, y aspectos relativos al mantenimiento.

3.5.6. Análisis de la "capacidad de producción" de la energía identificada para satisfacer la demanda de la operación de los trenes que transportarán pasajeros y carga en la Región Metropolitana.

Considerando que el material rodante de carga y el de pasajeros será eléctrico, se analizará la demanda de energía necesaria que se requiere en función a la cantidad de trenes, el diseño operacional referencial y las capacidades actuales de la red del sistema interconectado nacional.

3.5.7. Identificación de obras complementarias (por fases y de manera georreferenciada) para la implementación de transportes férreos de cercanías.

En caso de identificarse la necesidad de realizar obras complementarias para el servicio férreo de cercanías, se elaborarán planos geo-referenciados donde se muestren la localización referencial de dichas obras complementarias.

3.5.8. Análisis de costos aproximados de la infraestructura necesaria (por fases).

Expropiaciones.- Los sistemas de gran magnitud como este, con frecuencia requieren de expropiaciones de predios de dominio privado e incluso de transferencia de bienes de dominio público. Todo ello se debe cuantificar de manera referencial considerando precios catastrales.

Implementación de rieles (de acuerdo al ancho de trocha identificada).- Se presentarán los costos aproximados referenciales por metros de rieles para los ejes norte, este y sur.

Locomotoras y material rodante (cantidad de trenes).- Se presentará el costo de un convoy (material tractor y el material rodante) al mismo que se recomendará una cantidad mínima de trenes a adquirir, con el fin de garantizar un intérvalo relevante, en función a servir al transporte de pasajeros y al de mercancías.

Costo de operación y mantenimiento (30 años proyectado).- Se hará una tabla de costos operativos y de mantenimiento anual a un horizonte de 30 años.

Costo de las obras complementarias (por fases).- Considerando que se tienen los ejes (norte, este y sur), se definirán costos aproximados de las obras complementarias que se pudiera requerir para que cada eje ferroviario se pueda construir.

3.5.9. Análisis de Inversión, Financiamiento y sostenibilidad para la implementación por fases.

Inversión pública, privada y APP.- Se hará una revisión de normativas vigentes, incluyendo la ley departamental 224, con el fin de determinar cuales son los montos de inversión CAPEX para el transporte férreo de cercanías. Se determinarán diferenciando los costos de infraestructura diferenciado del de equipos y del de recursos humanos.

Mecanismos de financiamiento.- Se explorarán las diferentes fuentes de financiamiento y como se operan considerando el marco normativo y la práctica habitual en nuestro país.

Implementación de tarifas, considerando los periodos de tiempo en el que se deberán cambiar paulatinamente.- Existen ejemplos de sistemas de transporte público formal implementados en el país (e.g. Teleféricos de La Paz – El Alto y La Paz – Bus Pumakatari) y la normativa que permite subir las tarifas en un determinado período de tiempo en función a la inflación. Ello se puede usar como un parámetro para el estudio.

Sostenibilidad del proyecto en los próximos 30 años (considerando fases).- Es fundamental establecer que los sistemas de transporte no son sostenibles económicamente. Se trata de inversiones en servicios que ayudan a la movilidad y a la accesibilidad, por lo tanto; no se les puede exigir el generar ganancias como si fueran proyectos de lucro. Los beneficios se calculan desde el punto de vista social, y es ello que se presentará en esta parte del estudio.

3.5.10. Identificación de principales impactos positivos (sociales, económicos y otros) con la implementación de un tren metropolitano de transporte de pasajeros y carga.

Desde el punto de vista técnico, los sistemas de transporte público se miden por 4 parámetros: a) Accesibilidad; b) Seguridad; c) Asequibilidad; y d) Confiabilidad.

Sin embargo; es importante hacer estimaciones de los impactos positivos de índole social en la región metropolitana. En el ámbito económico, se debe calcular el ahorro de tiempo y como ello ayuda a la población económicamente activa a la productividad general. Desde el punto de vista ambiental, se cuantificará los impactos de reducción de contaminación del aíre.

En el caso del transporte de mercancías, se estimará como se dinamizará la economía metropolitana con la implementación de servicios férreos de cercanías.

3.5.11. Identificación de alternativas de transporte complementarios al Tren Metropolitano que fortalezca el sistema de transporte metropolitano urbano e interurbano, en el marco de un sistema integrado de transporte.

Se propondrá la visión del SIT metropolitano y la manera en la cual los diferentes servicios de transporte deben articularse para promover el desarrollo sostenible de la región metropolitana.

Uno de los aspectos centrales para que un SIT se pueda dar, es el aspecto institucional. Lo cual puede requerir el establecimiento de un ente gestor metropolitano que decida y planifique los servicios metropolitanos de transporte.

La integración que se propondrá irá en base a recomendaciones de proponer modos de transporte que se integren en tres dimensiones: a) integración física; b) integración operativa; c) integración tarifaria.

3.5.12. Ruta critica

Se trata de una propuesta de pasos a seguir para lograr la implementación de los servicios del transporte férreo de cercanías. La ruta crítica contendrá una lista de acciones dispuestas en orden cronológico, que explorarán aspectos tan centrales como: a) La necesidad de una estrategia comunicacional; y b) La necesidad de diseñar una estrategia de prevención de conflictos, identificando en primera instancia a tres grandes grupos de actores: i) Transportistas; ii) Gremiales; y iii) Juntas vecinales.

Para la implementación de un servicio de transporte férreo de cercanías se necesita definir quien será la entidad encargada de su puesta en marcha y operación. Por lo tanto, se emitirán recomendaciones sobre una operación estatal, departamental, mixta, privada, y/o concesión.

3.5.13. Imágenes y/o un video del servicio férreo de cercanías

Se elaborarán 6 renders referenciales del material rodante y de las infraestructuras. Así como un (1) video de 2 min del proyecto, con el fin de presentar el proyecto.

3.5.14. Compilación de la información presentada anteriormente

Se elaborará una compilación de los productos presentados con anterioridad con el fin de unificar los dos con el producto 3 en un solo documento.

3.5.15. Resumen ejecutivo

Con el objetivo de presentar de una manera más sucinta la consultoría, se elaborará un resumen ejecutivo que presente los resultados de todo lo estudiado en un volumen más corto que el producto anterior.

4. PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo del estudio se desarrolla para la elaboración del diagnóstico para la implementación de transporte férreos de cercanías en la región metropolitana, partiendo desde la premisa de proponer un esquema factible por fases de implementación de los ejes ferroviarios a través de un análisis holístico en el tiempo estimado para tal fin.

Grupos focales (Focus groups)

Se plantea la realización de grupos focales con los siguientes actores: a) Especialistas; y b) Municipios. Ello servirá para recoger pareces técnicos multi-actores.

- Un grupo focal con los especialistas se plantea invitar a los representantes de la Ferroviaria Oriental y especialistas ferroviarios académicos.
- Un grupo focal con especialistas en movilidad urbana.
- Un grupo focal con los municipios se plantea invitar a los representantes de los municipios de la región metropolitana, en especial de las secretarias municipales encargadas de planificación y de movilidad urbana.

Figura No 20 Ejemplo de Grupo focal realizado para otro tipo de estudios

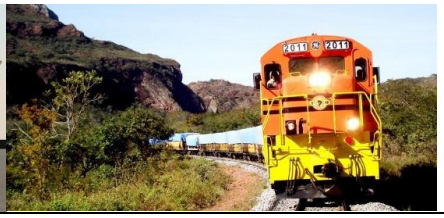
Fuente: GADSC

Los grupos focales se plantean en dos etapas: a) Una vez presentado el producto 1, con el fin de contar con las recomendaciones y la retroalimentación a los objetivos del estudio; y b) Al finalizar el estudio para presentar los resultados del mismo.

4.1. Producto 1

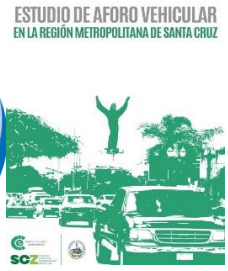
El responsable del Producto 1 será el Gerente de Proyecto quien en base a su amplia experiencia laboral en movilidad urbana sostenible y en el transporte ferroviario, invertirá 15 días calendario en el desarrollo del mismo, considerando todos sus componentes y sub productos. En el subproducto de condiciones previas, se tendrá un trabajo conjunto entre el Gerente de Proyecto y la Especialista en Planificación Territorial.

Cuadro No 2 Primer producto – Sub productos 1 y 2

Subproducto	Actividades
1.1.- Diagnóstico del sistema de transporte ferroviario en el departamento de Santa Cruz y en la Región Metropolitana *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Revisión los planos de la Red Ferroviaria Oriental. • Descripción de las capacidades de las vías férreas • Descripción del material rodante que utiliza la red • Descripción de los operadores actuales (horarios, frecuencias). • Discriminación de las operaciones entre el transporte de pasajeros y el de mercancías • Relevamiento del EDTP del proyecto Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru 
1.2.- Análisis de condiciones previas *Responsables: Gerente de Proyecto y Especialista en Planificación Territorial*	• Revisión de los resultados del Brainshop Metropolitano • Análisis de los procesos de metropolización, analizando la planificación urbana en los municipios de la Región Metropolitana. • Revisión integral del marco normativo nacional, regional y municipal (ley 165 y reglamentos, Ley de Ferrocarriles de 1910, normas deptales y municipales del sector transporte).

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 3 Primer producto – Sub productos 3 y 4

Subproducto	Actividades
1.3.- Análisis de demanda de transporte metropolitano *Responsables: Gerente de Proyecto*	• Revisión y análisis de los resultados del plan maestro de transporte elaborado por JICA. • Revisión y análisis de los resultados del estudio corredor norte-sur elaborado por IDOM. • Revisión y análisis del Estudio de aforos vehicular en la Región Metropolitana de Santa Cruz. • Revisión y análisis del estudio de mercado del EDTP del proyecto Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru. IDOM JICA 
1.4.- Análisis de tipologías de transportes férreos implementado en otras metrópolis de la región *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Revisión y análisis comparativo de tipos de transporte ferroviario de pasajeros. • Revisión y análisis comparativo de tipos de transporte ferroviario de mercancías. • Elaboración de un listado de metrópolis latinoamericanas, enumerando los sistemas férreos elegidos y sus principales características. • Análisis descriptivo de los factores físicos y geográficos en relación al material tractor y rodante. • Análisis descriptivo de la energía disponible en la región metropolitana de Santa Cruz. ENDE CORPORACIÓN

Fuente: Elaboración propia

4.2. Producto 2

Los responsables del Producto 2 serán el Gerente de Proyecto, la Especialista en Planificación Territorial y la Especialista Económica. El tiempo de elaboración será de 25 días calendario.

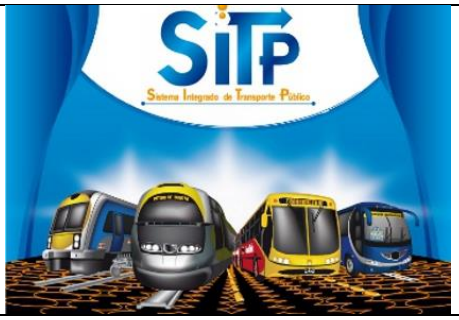
Cuadro No 4 Segundo producto – Sub producto 1

Subproducto	Actividades
2.1.- Análisis integral del sistema de centros urbanos en la Región Metropolitana e identificación de los principales centros urbanos que son potencialmente vinculables con un sistema de transporte férreos.	• Se definirá el "sistema de ciudades" de la Región Metropolitana de Santa Cruz, definiendo las vocaciones de cada municipio. • Se comparará este sistema de ciudades con lo insinuado en el Brainshop Metropolitano. • Análisis de datos demográficos del crecimiento poblacional del INE y del ICE. • Se analizarán los nuevos desarrollos urbanísticos e industriales (e.g. Nueva Santa Cruz y Parque Industrial Latinoamericano), en especial entre los municipios de Santa Cruz de la Sierra y Warnes. • Elaboración de mapas temáticos: Principales actividades económicas, influencia, equipamientos de salud y educación, identificación de centros urbanos sobre la vía férrea. • Determinación de áreas de influencia de los servicios del transporte ferroviario de cercanías, considerando centroides y áreas de influencia directa e indirecta, desde el punto de vista de la mejora a la accesibilidad de la población.
Responsable: Gerente de Proyecto y Especialista en Planificación Territorial	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 5 Segundo producto – Sub productos 2 y 3

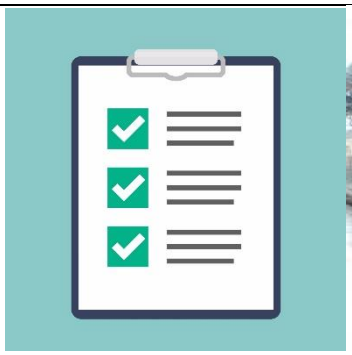
Subproducto	Actividades
2.2.- Análisis de demanda Clasificación de la implementación de transporte férreo de cercanías en la región metropolitana de Santa Cruz por fases. *Responsable: Gerente de Proyecto y Especialista en Planificación Territorial*	• Definición de las fases de implementación del sistema férreo de cercanías. • Comparación objetiva de los ejes Norte, Centro y Sur para definir el orden de implementación.
2.3.- Análisis del estado actual del derecho de vía (transporte férreo) en la Región Metropolitana *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Definición del derecho de vía. • Diseño del Sistema Integrado de Transporte de la Región Metropolitana. • Análisis logístico y propuesta de estructuración de los servicios de transporte de mercancías, considerando el transporte ferroviario y la relación con el transporte terrestre (carretero) de mercancías. • Elaboración del mapeo los grandes centros de abasto, las terminales y los parques industriales que operan en los diferentes municipios. • Análisis de la relación del sistema férreo de cercanías con el corredor Ferroviario Bioceánico de Integración y de manera referencial la conexión con la Hidrovía Paraguay-Paraná.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 6 Segundo producto – Sub productos 4 y 5

Subproducto	Actividades
2.4.- Análisis y características de las estaciones (fases) *Responsable: Gerente de Proyecto y Especialista en Planificación Territorial*	• Elaboración de la propuesta referencial (no diseños finales) de las tipologías de estaciones y su jerarquía (clasificación de tipos de estaciones o apeaderos en función a la cantidad de usuarios a atender). • Determinación de la cantidad y localizaciones más óptimas de las estaciones, considerando la planificación metropolitana urbana, vial y logística. Ello se lo coordinará con representantes de los gobiernos municipales.
2.5.- Análisis de las características necesarias del material tractor y material rodante más óptimo para cubrir el servicio de transporte ferroviario de pasajeros y carga.	• Elaboración de un ckeck list de requerimientos del material rodante y tractor más óptimo para el servicio de transporte férreo de pasajeros. • Elaboración de un ckeck list de requerimientos del material rodante y tractor más óptimo para el servicio de transporte férreo de mercancías.

Responsable: Gerente de Proyecto	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 7 Segundo producto – Sub productos 6 y 7

Subproducto	Actividades
2.6.- Análisis de la capacidad de producción de energía *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Análisis de la potencia y de las capacidades actuales del sistema eléctrico en Santa Cruz • Determinación de las necesidades de energía que el servicio férreo de cercanías pudiera requerir en todas sus fases.
2.7.- Identificación de obras complementarias *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Elaboración de planos geo-referenciados donde se muestren la localización referencial de dichas obras complementarias para el servicio férreo de cercanías.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 8 Segundo producto – Sub productos 8 y 9

Subproducto	Actividades
2.8.- Análisis de costos aproximados de la infraestructura necesaria (por fases). *Responsable: Gerente de Proyecto y Especialista económico*	• Elaboración de los costos referenciales necesarios para las expropiaciones. • Elaboración de los costos referenciales necesarios para la construcción de la vía férrea en las 3 fases del proyecto. • Elaboración de los costos referenciales necesarios para la adquisición de materia tractor y material rodante. • Elaboración de los costos referenciales necesarios para la operación y el mantenimiento del proyecto, con proyección a 30 años. • Elaboración de los costos referenciales necesarios para la construcción de las obras complementarias (por fases).
2.9.- Análisis de Inversión, financiamiento y sostenibilidad para la	• Análisis de las mejores opciones para financiar el proyecto, comparando inversión pública, inversión privada o APP. • Análisis de los mecanismos de financiamiento, considerando el marco normativo y la práctica habitual en nuestro país.

implementación por fases. *Responsable: Gerente de Proyecto y Especialista económico*	• Elaboración de propuesta de implementación de tarifas, considerando la temporalidad en la cual se deberán cambiar paulatinamente. • Partiendo del concepto de que los sistemas de transporte no son sostenibles económicamente, se elaborará un flujo de cálculo de "sostenibilidad del proyecto".

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 9 Segundo producto – Sub productos 10 y 11

Subproducto	Actividades
2.10.- Identificación de principales impactos positivos (sociales, económicos y otros) con la implementación de un tren metropolitano de transporte de pasajeros y carga. *Responsable: Gerente de Proyecto y Especialista en Planificación Territorial*	• Elaboración de los impactos positivos del proyecto: a) Accesibilidad; b) Seguridad; c) Asequibilidad; y d) Confiabilidad. • Análisis de impactos en el ahorro de tiempo en especial para la población económicamente activa. • Análisis de impactos de reducción de contaminación del aíre. • En lo referido al transporte de mercancías, se estimará de la manera en la cual se dinamizará la economía metropolitana, con la implementación de servicios férreos de cercanías.
2.11.- Identificación de alternativas de transporte	• Elaboración de la propuesta de la visión del SIT metropolitano y la manera en la cual los diferentes servicios de transporte deben articularse para promover el desarrollo sostenible de la

complementarios al Tren Metropolitano que fortalezca el sistema de transporte metropolitano urbano e interurbano, en el marco de un sistema integrado de transporte. *Responsable: Gerente de Proyecto*	región metropolitana, incluyendo tres dimensiones: a) integración física; b) integración operativa; c) integración tarifaria. • Elaboración de propuesta de un ente gestor metropolitano que decida y planifique los servicios metropolitanos de transporte.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 10 Segundo producto – Sub productos 12 al 15

Subproducto	Actividades
2.12.- Ruta crítica. *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Elaboración de una lista de acciones dispuestas en orden cronológico para la implementación del proyecto. • Enumeración recomendaciones clave para dos aspectos centrales: a) La estrategia comunicacional; y b) La necesidad de diseñar una estrategia de prevención de conflictos. • Elaboración de una propuesta sobre la entidad que se hará cargo la puesta en marcha y operación del servicio.
2.13.- Imágenes y/o un video del servicio férreo de cercanías *Responsable: Gerente de Proyecto y Especialista en planificación territorial*	• Elaboración de 6 renders referenciales del material rodante y de las infraestructuras propuestas para el transporte férreo de cercanías • Elaboración de un (1) video de 2 min del proyecto, con el fin de presentar el proyecto.
2.14.- Compilación de la información presentada anteriormente *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Elaboración de una compilación de todos los productos en un documento completo, internalizando la retroalimentación del contratante.

2.15.- Resumen ejecutivo *Responsable: Gerente de Proyecto*	• Elaboración de un documento que resume todas las acciones elaboradas en el marco de la consultoría, resumiendo los hallazgos y las propuestas.

Fuente: Elaboración propia

Una vez acabados los productos, se plantea la realización de una presentación académica de los resultados. Para tal fin se pone a disposición el auditorio de la Universidad del Valle, Sede académica Santa Cruz.

4.3. Resultados

Como resultados de la presente consultoría, se presentará un resumen ejecutivo en el cual se detallarán los procedimientos y resultado de cada uno de los análisis realizados en los 2 productos.

El documento incluirá la siguiente información:

- Descripción y resultados de todo el Análisis realizado en el Producto 1.
- Descripción y resultados de todo el Análisis realizado en el Producto 2.
- Presentación de un archivo digital de las imágenes y de los videos en el formato que elija la supervisión de la consultoría.

4.4. Construcción de capacidades

Mediante un proceso a corto plazo, se procederá a transmitir conocimientos y habilidades técnicas para una correcta ejecución de todas las etapas del estudio, apoyando a los técnicos del área de la Gobernación encargada de realizar la supervisión del presente estudio. En dicho sentido, se propone la realización de una conferencia académica para presentar los resultados de la consultoría.

5. CRONOGRAMA

En función a todo lo ofertado, considerando lo requerido en los términos de referencia de finalizar la consultoría en 40 días calendario, se propone el siguiente cronograma para los 2 productos:

Cuadro No 11 Cronograma – Primer producto

Productos	Sub productos / Actividades	Hasta los 5 días	Hasta los 9 días	Hasta los 12 días	Hasta los 15 días
Primer Producto	Reunión de arranque				
	Metodología y plan de trabajo para la realización del estudio.				
	Diagnóstico del sistema de transporte ferroviario en el departamento de Santa Cruz y en la Región Metropolitana.				
	Análisis de condiciones previas				
	Análisis de la demanda de transporte metropolitano				
	Analizar tipologías de transportes férreos implementados en otras metrópolis de la región y en el territorio nacional				
	Redacción del informe del 1er producto				
	Entrega del Informe final del Primer Producto				
	Grupos focales con especialistas ferroviarios y especialistas en movilidad urbana y representantes municipales				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 12 Cronograma – Segundo producto

Productos	Sub productos / Actividades	Hasta los 18 días	Hasta los 20 días	Hasta los 25 días	Hasta los 30 días	Hasta los 33 días	Hasta los 35 días	Hasta los 38 días	Hasta los 40 días
Segundo Producto	Análisis integral de sistema de centros urbanos de la Región Metropolitana e identificación de los principales centros urbanos que son potencialmente vinculables con un sistema de transporte férreos								

	Clasificación de la implementación de transporte férreo de cercanías en la región metropolitana de Santa Cruz por fases.								
	Análisis del estado actual del derecho de vía (transporte férreo) en la Región Metropolitana, considerando el cumplimiento de la legislación vigente, identificando además del ancho de trocha necesario, expropiaciones y las alternativas de trazado.								
	Análisis y características de las estaciones (por fases)								
	Análisis de las características necesarias del material tractor y material rodante (diferenciando los trenes de carga y de mercancías y sus capacidades recomendadas) más óptimo para cubrir el servicio de transporte ferroviario.								
	Análisis de la "capacidad de producción" de la energía identificada para satisfacer la demanda de la operación de los trenes que transportaran pasajeros y carga en la Región Metropolitana.								
	Identificación de obras complementarias (por fases y de manera georreferenciada) para la implementación de transportes férreos de cercanías en la Región Metropolitana de Santa Cruz.								
	Análisis de costos aproximados de la infraestructura necesaria (por fases).								
	Análisis de Inversión, Financiamiento y sostenibilidad para la implementación por fases.								
	Identificación de principales impactos positivos (sociales, económicos y otros) con la implementación de un tren metropolitano de transporte de pasajeros y carga.								
	Identificación de alternativas de transporte complementarios al Tren Metropolitano que fortalezca el sistema de transporte metropolitano urbano e interurbano, en el marco de un SIT.								
	Ruta crítica								

	Imágenes y/o un video del tren metropolitano.								
	Compilación de la información presentada anteriormente								
	Resumen ejecutivo								
	Redacción del informe del 2do producto								
	Entrega del Informe Final del Segundo Producto								
Conferencia Académica	Presentación final de los estudios de la consultoría en conferencia académica pública y/o grupo focal								

Fuente: Elaboración propia

SECCCIÓN 2 – DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRANSORTE FERROVIARIO EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ Y EN LA REGIÓN METROPOLITANA

6. ANÁLISIS DE LA RED FERROVIARIA ORIENTAL

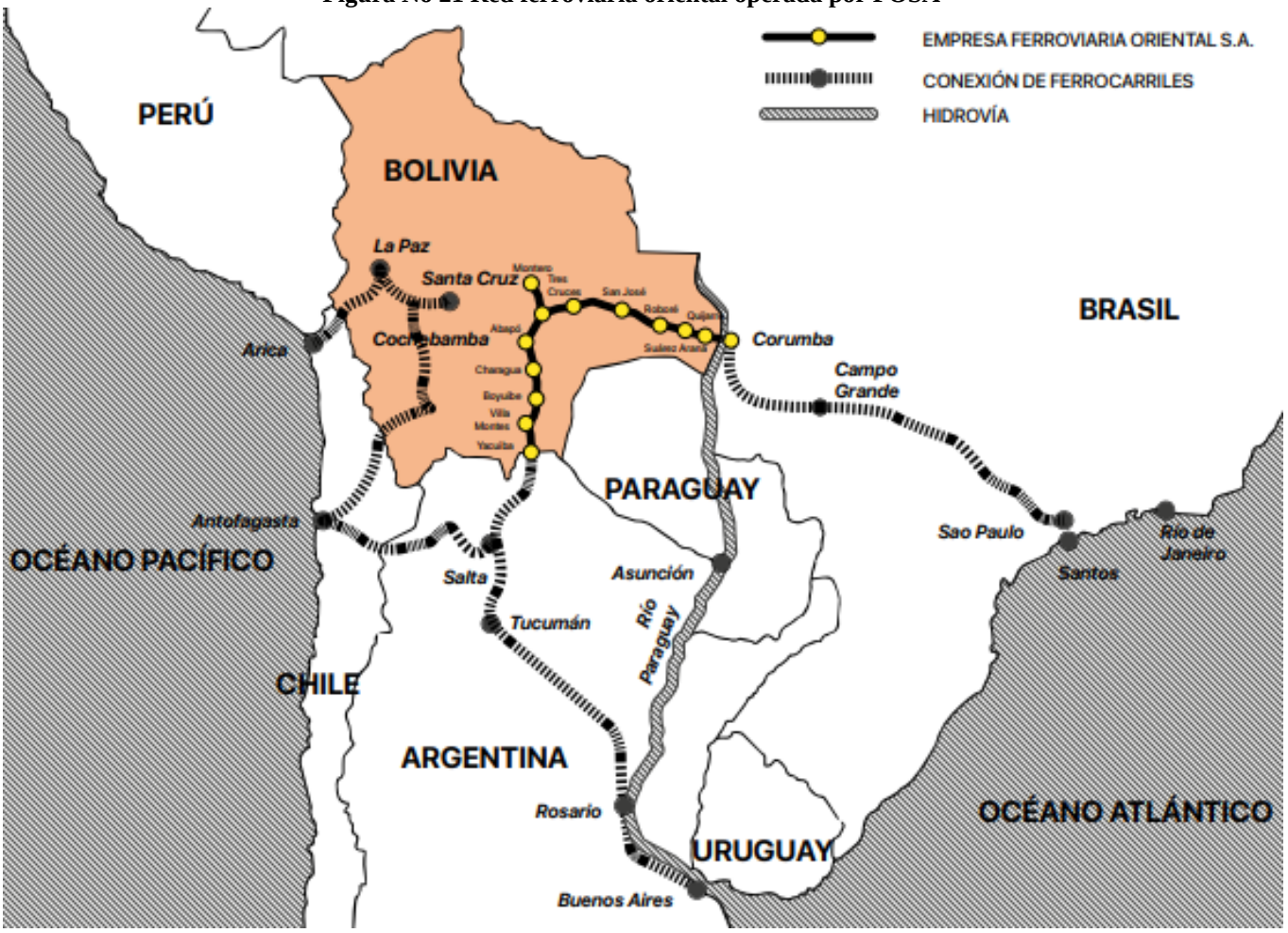
6.1. Infraestructura ferroviaria y la Ferroviaria Oriental S.A.

La red ferroviaria de Bolivia dispone de una infraestructura de algo más de 3.500 km de vía en ancho métrico sin electrificar, distribuidos en dos compañías que gestionan la operativa de todo el País, en régimen de concesión de uso y usufructo del total de activos ferroviarios. Dichas compañías son: a) Ferroviaria Oriental S.A. (FOSA); y Ferroviaria Andina (FCA). Ellas operan de forma independiente sus activos puesto que las redes no tienen conexión a día de hoy, se trata de un sistema con una infraestructura propiedad del Estado boliviano, gestionada mediante participación privada y regulada a efectos del mantenimiento de la competencia en el sector a través de la Autoridad de Regulación de Telecomunicaciones y Transporte (ATT).

La principal actividad ferroviaria se desarrolla a partir del transporte de mercancías, muy por encima del volumen de pasajeros transportados, pudiendo asignar una especialización en productos minerales a la compañía Ferroviaria Andina y en productos agrícolas a Ferroviaria Oriental, aunque en ambos casos con matices puesto que, tanto en un caso como en otro, se distribuyen productos agrícolas en la ruta interior norte sur, así como materiales de construcción, combustible, papel y cartón, etc., en el corredor Oriental.

La compañía Ferroviaria Oriental opera aproximadamente 1.244 km en la zona oriental y sur del País, que se corresponde en su mayor parte con los denominados llanos Orientales, planicies Chaco-Benianas, Tierras Bajas o Amazonía boliviana, por formar parte del antiguo mar amazónico y su gran acumulación de sedimentos areno – arcillosos del cuaternario. En esta extensa zona la red ferroviaria conecta la ciudad de Santa Cruz de la Sierra con Argentina a través de Yacuiba – Pocitos mediante un tramo de 643 km; con Brasil a través de Puerto Suárez - Quijarro – Corumbá mediante un tramo de 539 km; y con el norte hacia Warnes y Montero mediante un tramo de 62 km.

Figura No 21 Red ferroviaria oriental operada por FOSA



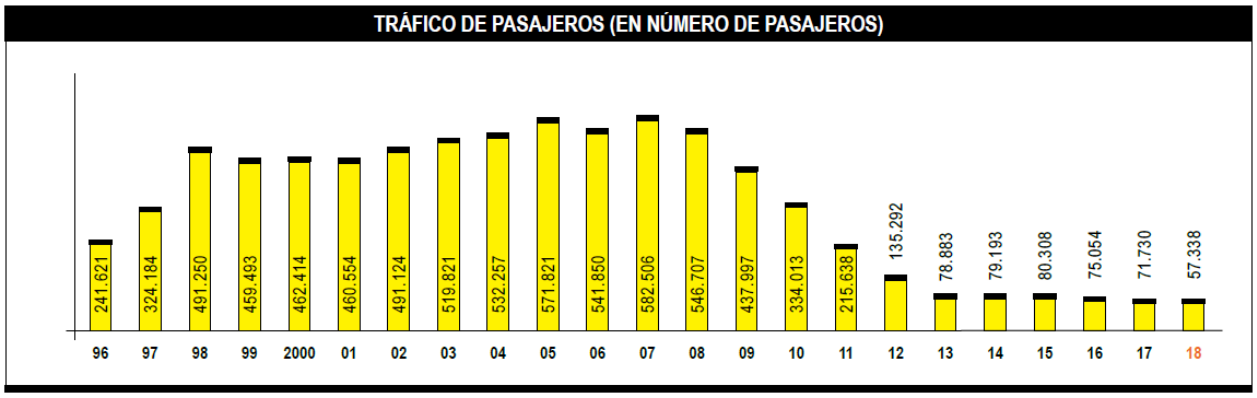
Fuente: FOSA

6.1.1. Transporte de pasajeros

De acuerdo a los datos del último año disponible, correspondientes al año 2018, se transportaron 57.338 pasajeros. En términos de ingreso, la unidad de pasajeros facturó $ 493.636. Como parte de su política de mejora continua en nuestro servicio de pasajeros, nuestra empresa ha venido introduciendo mejoras en la calidad y comodidad del servicio de pasajeros.

No obstante, estas mejoras, no parecen ser suficientes ya que de acuerdo a la tendencia de las cifras, desde el año 2008, se ha producido una pérdida continua del volumen de pasajeros transportados por la empresa operadora. De acuerdo con información primaria, el servicio de transporte de pasajeros ya no se encuentra disponible y no hay perspectivas de que se reestablezca en el corto plazo.

Figura No 22 Tráfico de pasajeros de FOSA (hasta el 2018[1])



Fuente: FOSA

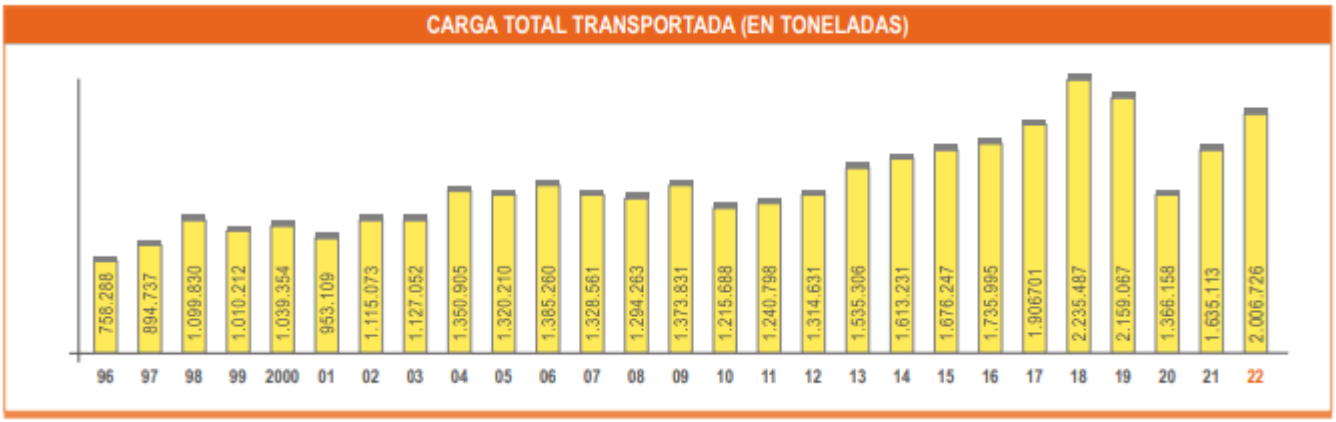
6.1.2. Transporte de carga

En lo referido al transporte de carga, el último reporte de FOSA es de la gestión 2022, año en el cual se reportaron un total de 2.006.726 toneladas de carga en general, lo que supuso un incremento del 18,51% con respecto al año previo, pero inferior a las 2.235.487 toneladas transportadas en el 2018. Del total transportado en el 2022, casi un 98% correspondió al sector este, mientras que la cantidad restante se transportaron en el sector sur.

Entre los productos transportados, destaca principalmente el movimiento de urea que se consolidó en el año 2018 con un total de 225.800 toneladas, el movimiento de cemento con un total de 433.000 toneladas transportadas y los productos siderúrgicos con aproximadamente 229.000 toneladas, lo que supuso un incremento del 12% con respecto al año anterior.

[1] Se eligió este año pues fue el último año en el cual FOSA reportó el movimiento de pasajeros y es la última gestión que no se vio afectada por la pandemia del COVID-19.

Figura No 23 Volumen de carga transportada por FOSA (hasta el 2022)



Fuente: FOSA

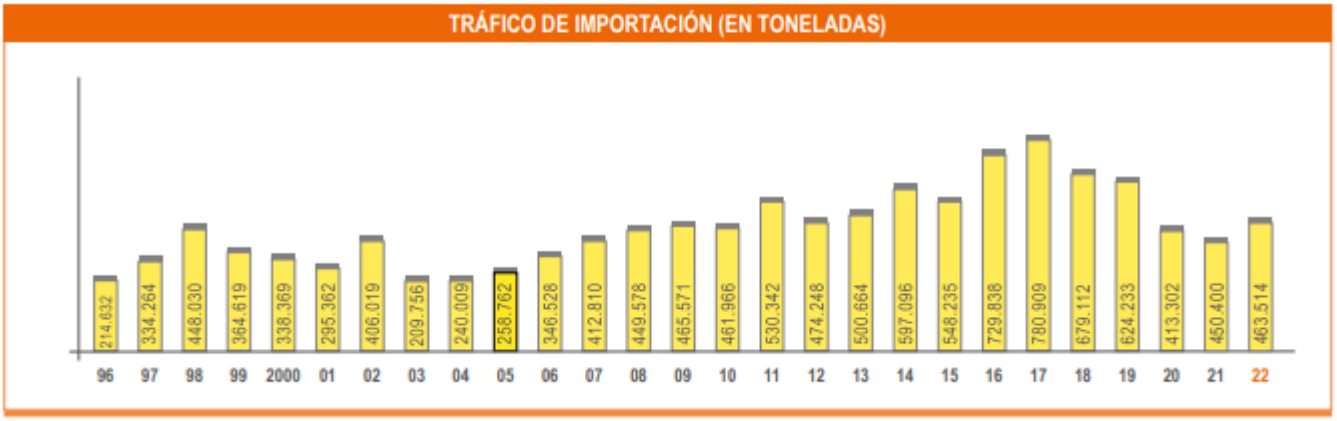
Si nos referimos al transporte de productos de exportación, se presenta la siguiente figura que muestra el tráfico de exportación en toneladas, destacando que en el año 2022, se logró el récord histórico de transporte de toneladas de exportación, al llegar a las 1.124.550 toneladas.

Figura No 24 Tráfico de exportación realizado por FOSA (en toneladas)

Fuente: FOSA

Si nos referimos al tráfico de importación, en el año 2022, FOSA logró transportar 463.514 toneladas, con un incremento del 2,83% más que lo movilizado en el año 2021. Como se puede ver, el pico del tráfico de importación se dio el año 2017, con 780.909 toneladas.

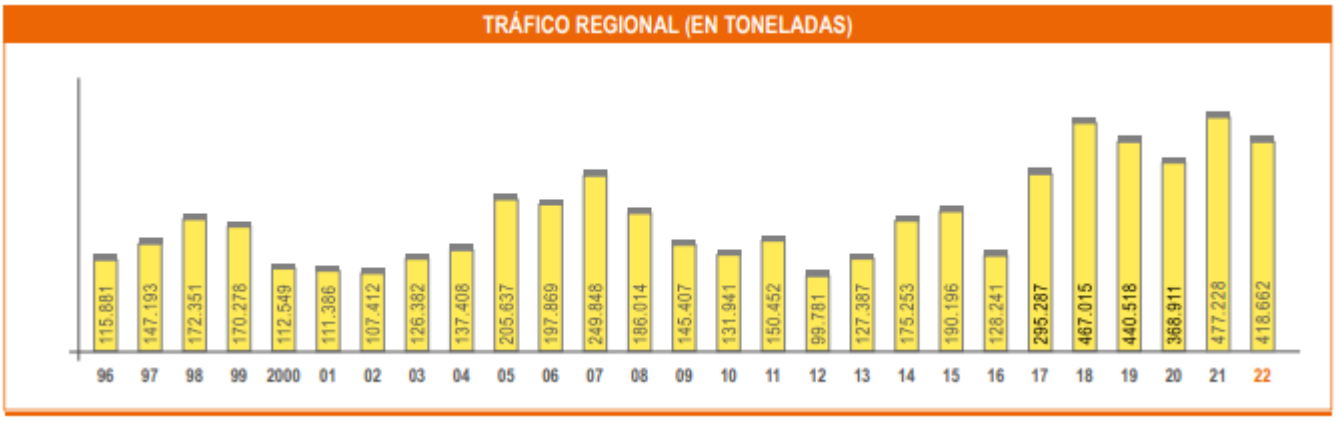
Figura No 25 Tráfico de importación realizado por FOSA (en toneladas)



Fuente: FOSA

En carga regional se transportaron 418.662 toneladas, teniendo una participación de 20,9% en el total, siendo sus principales productos: cemento 91,82%, gasolina con un 4,7%, otras mercancías 2,01%, Granos de Soya 1,2%, Diesel Oíl 0,2%.

Figura No 26 Tráfico de carga regional transportada por (en toneladas)



Fuente: FOSA

6.2. Descripción de las capacidades de las vías férreas y características de la infraestructura ferroviaria

La red ferroviaria oriental tiene una trocha métrica (1.00 mt) y tiene unas vías férreas con la capacidad de soportar 25 toneladas por eje. Según FOSA, la vida útil de una vía férrea es de 31 años con inversiones en mejoras, y de 38 años de vida útil, con cambio de rieles. La vía férrea de la red oriental transcurre en prácticamente toda su extensión a nivel.

En la Región Metropolitana de Santa Cruz, específicamente en el municipio de Santa Cruz de la Sierra se cuenta con infraestructura ferroviaria de magnitud en dos puntos principales: a) Terminal Bimodal; y b) Maestranza de Guaracachi. Ambas estaciones se conectan por las vias férreas del corredor al norte como del corredor al este.

En el municipio de Santa Cruz de la Sierra, la infraestructura ferroviaria tiene en la estación ferroviaria de la Terminal Bimodal su punto de origen, orientando su salida en dirección sur hasta llegar a la altura del Centro Comercial Bimodal Santa Cruz. En ese punto el corredor de vía única gira a izquierdas para tomar orientación Este, entre las Avenidas de Carmelo Ortiz y Mapajo.

El cruce con el 4º anillo se produce a la altura de la Avenida Cumavi, todavía en vía única, aunque 50 m después se dispone el desvío para la línea que conecta con Argentina (Yacuiba – Pocitos), con orientación Sur.

Figura No 27 Cruce de la vía férrea con la avenida Cumavi

Fuente: Elaboración propia

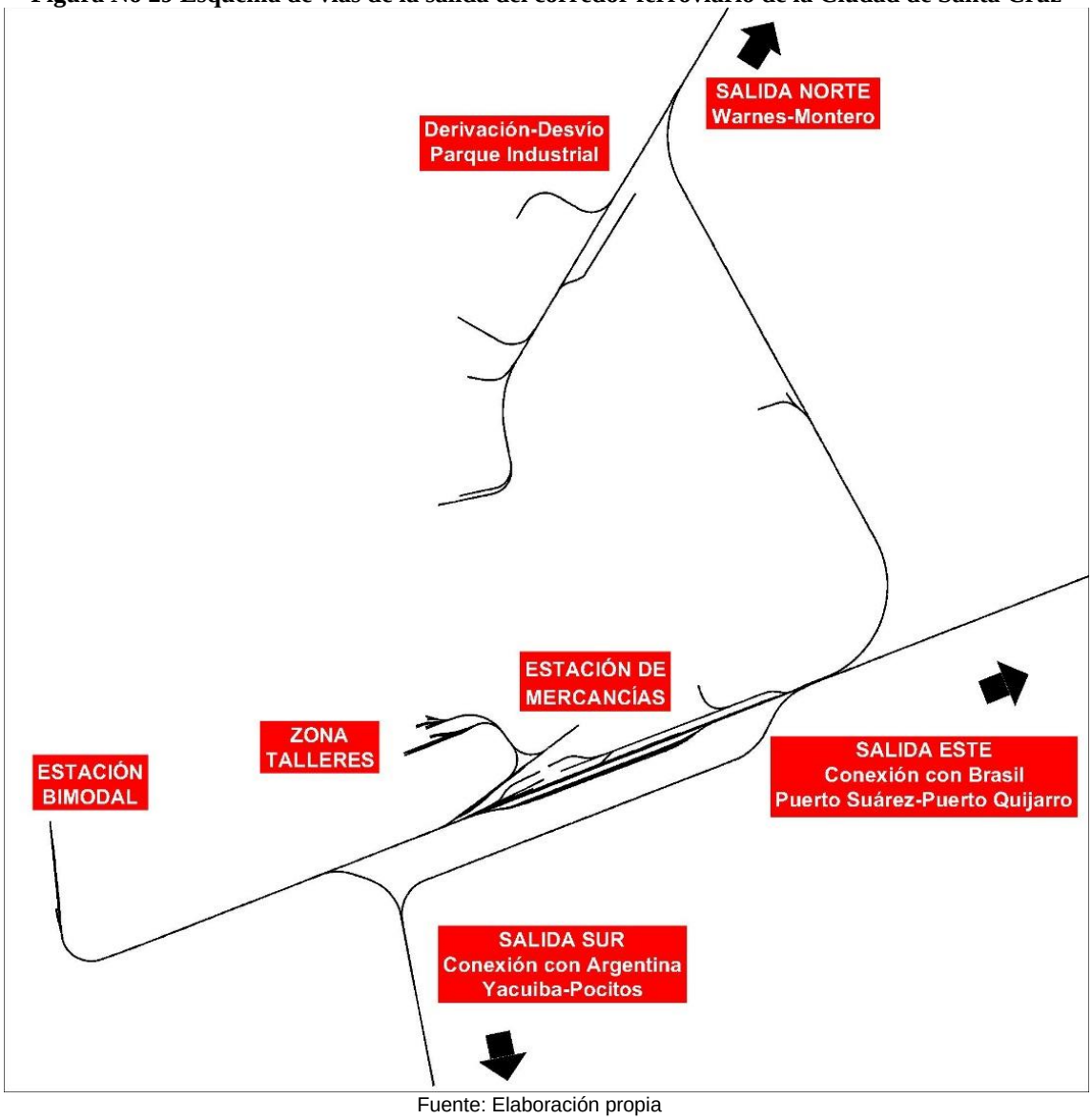
A unos 660 m del cruce con el 4º anillo, una vez pasada la estructura pasarela puente Guaracachi, se dispone la estación de mercancías y la entrada a las instalaciones de la Maestranza Guaracachi de Ferroviaria Oriental S.A, instalaciones de mantenimiento y reparación de material móvil y motor de la empresa ferroviaria, así como un amplio espacio dedicado al Complejo Deportivo Ferroviaria Oriental, S.A

Figura No 28 Instalaciones de la maestranza Guaracachi

Fuente: Elaboración propia

Después del desvío de la línea Este, que conecta con Brasil, el trazado del corredor gira prácticamente en ángulo recto hacia la izquierda, con orientación Norte, dejando en margen izquierdo las instalaciones del Parque Industrial Patujú, recorrer casi 2.000 m en alineación recta, para luego girar a derechas y bordear el Distrito Industrial y las lagunas de oxidación. Después de pasar ese giro, al inicio de la recta, se produce la conexión con el Parque Industrial (solamente desde lado norte), con una configuración de vías que proporciona acceso a distintas factorías y empresas (Alicorp, Fundiciones Armendia, Molinera Río Grande o Industrias Oleaginosas). En la siguiente figura se muestra un esquema de la salida del corredor.

Figura No 29 Esquema de vías de la salida del corredor ferroviario de la Ciudad de Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia

El corredor continúa en dirección norte pasando por la zona de Viru Viru, Warnes y Montero, destacando como elemento importante en esa zona la Terminal de Transferencia de Carga situada en Warnes, así como la estación de mercancías de Montero.

Figura No 30 Terminal de transferencia de Warnes – Cabecera Sur y detalle

Fuente: Elaboración propia

En el ámbito urbano la vía férrea tiene innumerables cruces con las vías de tráfico mixto.

Figura No 31 Cruces de vía en las afueras del municipio de Santa Cruz de la Sierra

Fuente: Elaboración propia

Figura No 32 Estado de la vía férrea en las proximidades al Parque Industrial Ramón Dario Gutierrez

Fuente: Elaboración propia

6.3. Descripción del material tractivo rodante que utiliza la red oriental

FOSA cuenta con un diverso parque compuesto por bodegas, contenedores, carros planos y góndolas con capacidad de transporte de más de 40 toneladas por vagón. Entre los principales productos transportados se encuentran: hierro, acero, cemento, papel, harina de trigo, polietileno, abono, lubricantes, línea blanca, productos y artículos de plástico, entre los más importantes.

FOSA cuenta con la certificación de un parque de vagones tipo tanque, especiales para el transporte de líquidos, destacándose el movimiento de hidrocarburos como diésel oíl y gasolina y sus derivados, además, de alcohol y otros productos líquidos. Entre los principales clientes de Ferroviaria Oriental del sector de Hidrocarburos tenemos a YPFB Corporación y YPFB Refinación.

Figura No 33 Material rodante con tanques circulando por la vía férrea de la red oriental

Fuente: FOSA

FOSA utiliza locomotoras diésel-eléctricas, la mayoría de ellas son del tipo U10B (450 kW) y U20C (1500 kW) de industria estadounidense (General Electric). Adicionalmente, se utilizan algunas locomotoras de General Motors e Hitachi, así como vagones con sidecar de producción alemana y vagones argentinos y brasileños, en especial para el transporte transfronterizo de mercancías.

Figura No 34 Material tractor U10B

Fuente: FOSA

Figura No 35 Material tractor U20C

Fuente: FOSA

Un aspecto destacable es que FOSA trabaja en asociación con las Industrias Metalúrgicas Carlos Caballero para diseñar y fabricar diversos tipos de vehículos ferroviarios de carga.

En el caso del servicio de transporte de pasajeros se solía dar con ferrobuses configurados en el país utilizando carcasas de autobuses alemanes o americanos, como se muestra en la figura siguiente.

Figura No 36 Ferrobús de transporte de pasajeros

Fuente: FOSA

6.4. Descripción de las operaciones actuales

Como se mencionó líneas arriba, la operación ferroviaria en la red oriental se ha reducido al transporte ferroviario de carga. Es asi que la operación en las rutas Santa Cruz – Montero y Santa Cruz – Pto Quijarro se da en dos horarios diferentes a lo largo del día.

Cuadro No 13 Cronograma – Segundo producto

Horario de Operación	Ruta	Servicio
12:30 pm.	Santa Cruz - Montero	Transporte de carga
01:30 am.	Santa Cruz – Pto Quijarro	Transporte de carga

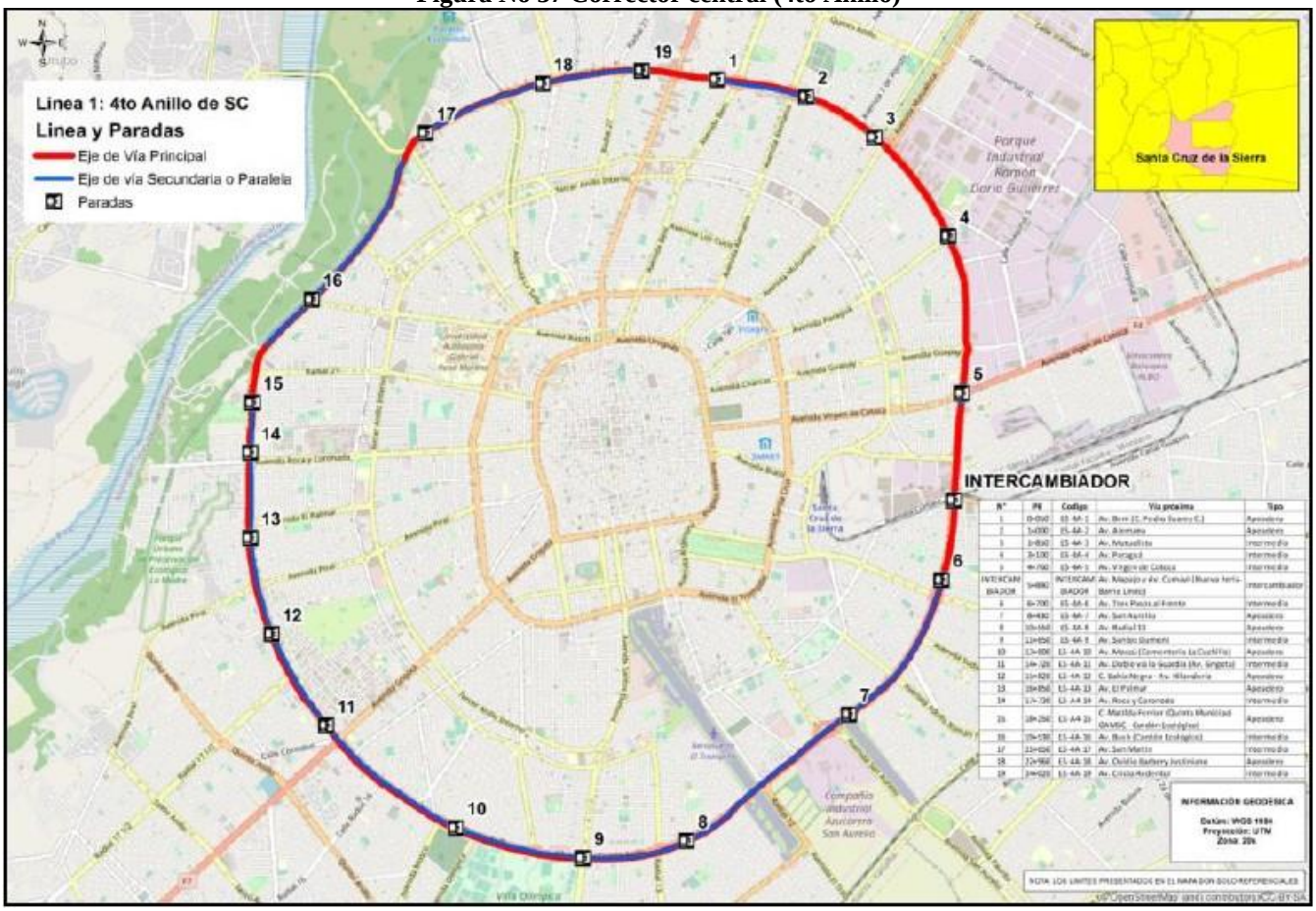
Fuente: Elaboración propia

Con el desarrollo del proyecto Corredor Ferroviario Bioceánico de Integración a largo plazo y con la puesta en operación de la Planta de úrea y amoniaco de Bulo Bulo, se está diseñando la operación ferroviaria de carga y pasajeros para conectar en el corto plazo a las poblaciones de Pto. Villarroel, Ivirgarzama y Bulo Bulo. Estas poblaciones del trópico de Cochabamba, pueden tener una conexión directa ferroviaria con el Departamento de Santa Cruz.

7. PROYECTO TREN METROPOLITANO SANTA CRUZ – WARNES – MONTERO Y CONEXIÓN CON EL AEROPUERTO INTERNACIONAL VIRU VIRU

Se trata del proyecto de transporte masivo más ambicioso de Bolivia y en la actualidad se está elaborando el Estudio de Diseño Técnico de Preinversión (EDTP). Los objetivos del proyecto son: a) Reducir los tiempos de viaje; b) Priorizar el transporte público como sistema de Movilización Urbana; c) Reordenamiento del Transporte Urbano dentro las áreas de influencia; d) Ahorro en combustibles fósiles; e) Reducción de accidentes de tránsito; y f) Reducción de emisiones de CO2.
El proyecto incluye una línea que recorre el 4to anillo en su integridad, en cuya extensión se implementarán 24,71 km de vía simple y 16,98 km de vía doble.

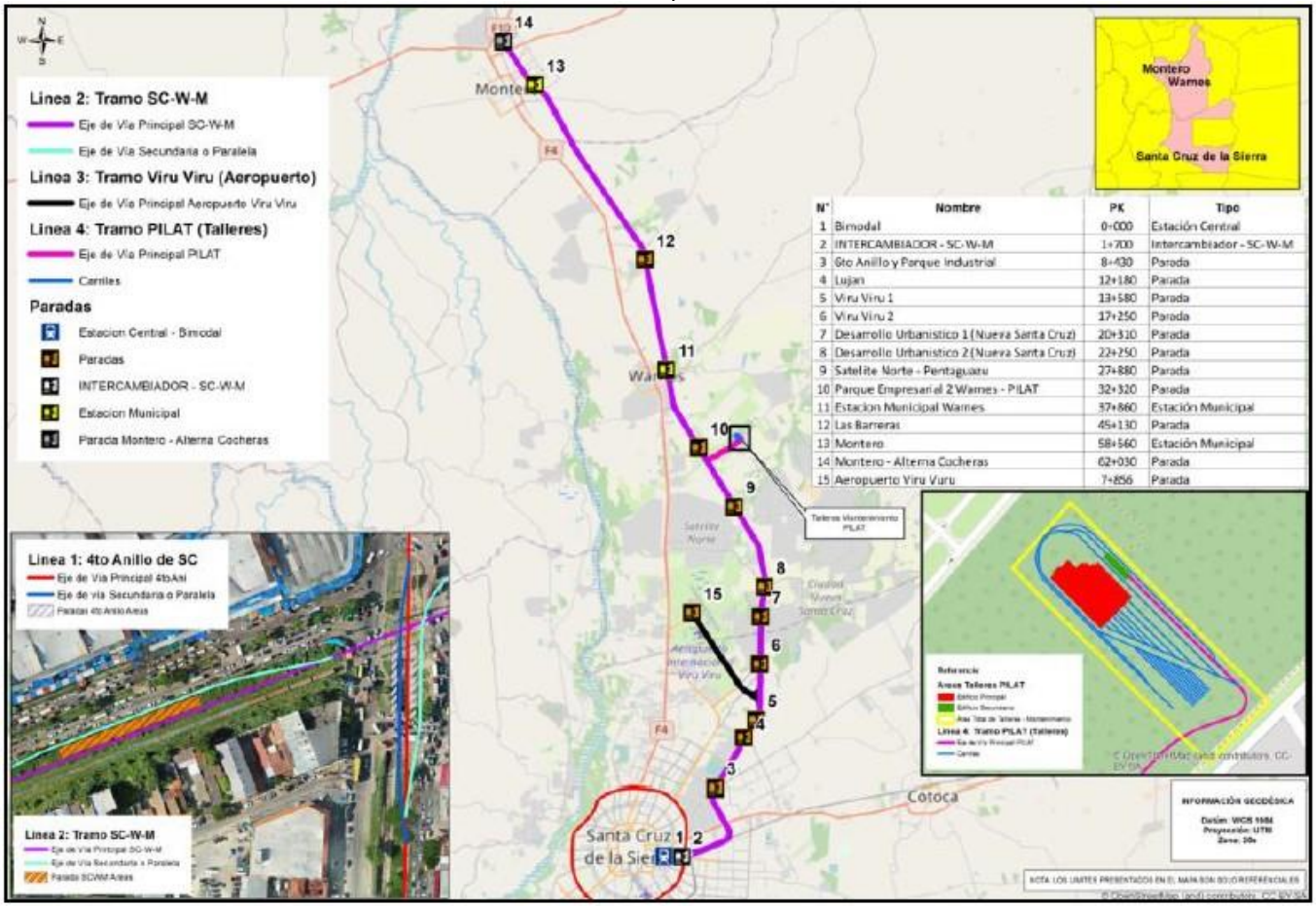
Figura No 37 Corrector central (4to Anillo)



Fuente: Prointec

Por otra parte, el proyecto tiene una línea que vincula Santa Cruz - Warnes – Montero, el cual tiene una longitud de 62,00 km. Por otra parte, existe una conexión con Viru Viru (desde el corredor Santa Cruz - Warnes - Montero), con una extensión de 7,80 km.

Figura No 38 Corrector radial (Santa Cruz – Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru)



N°	Nombre	PK	Tipo
1	Bimodal	0+000	Estación Central
2	INTERCAMBIADOR - SC-W-M	1+700	Intercambiador - SC-W-M
3	6to Anillo y Parque Industrial	8+430	Parada
4	Lujan	12+180	Parada
5	Viru Viru 1	13+580	Parada
6	Viru Viru 2	17+250	Parada
7	Desarrollo Urbanistico 1 (Nueva Santa Cruz)	20+310	Parada
8	Desarrollo Urbanistico 2 (Nueva Santa Cruz)	22+250	Parada
9	Satelite Norte - Pentaguazu	27+880	Parada
10	Parque Empresarial 2 Warnes - PILAT	32+320	Parada
11	Estacion Municipal Warnes	37+860	Estación Municipal
12	Las Barreras	45+130	Parada
13	Montero	58+560	Estación Municipal
14	Montero - Alterna Cocheras	62+030	Parada
15	Aeropuerto Viru Viru	7+856	Parada

Fuente: Prointec

7.1.1. Número y Ubicación de Estaciones Centrales, Estaciones Intermedias y Apeaderos (paradas pequeñas).

- **Cuarto Anillo: 20** (Av. Beni, Av. Alemania, Av. Mutualista, Av. Paraguá,Av. Virgen de Cotoca, Av. Cumavi, Av. 3 Pasos al Frente, Av. San Aurelio, Av. Radial 13, Av. Santos Dumont, Av. Moscú, Doble Vía La Guardia, Av.Hilandería, Av. El Palmar, Av. Roca y Coronado, Quinta Municipal, Av. Busch, Av. San Martín, Av. Radial 26, Cristo Redentor).
- **Santa Cruz - Warnes - Montero: 13** (Bimodal, Av. Cumavi, Parque Industrial, Luján, Aeropuerto,

D.U-1, D.U-2, Satélite Norte, Apartadero Agropeso, Parque Empresarial 2 - Warnes, Warnes, Apartadero TécnicoWarnes - Montero, Montero).

- **Conexión Aeropuerto (desde el corredor Santa Cruz - Warnes -Montero): 1** (Terminal Aeropuerto Viru Viru).

7.1.2. Características técnicas

El proyecto utiliza un TREN TRAM de alimentación eléctrica, con posibilidad de configuración como tranvía clásico, pero también como tren de cercanías, alcanzando una velocidad máxima de 100 km/h. El material rodante tendrá una longitud de composición simple: 36 - 40 m, con una composición de 4 a 5 vagones (según fabricante). La capacidad estimada de pasajeros por convoy será de 200 personas.

En el cuarto anillo se tendrán 16 trenes, en la ruta Santa Cruz – Warnes – Montero habrán 6 trenes y en el ramal hacia el aeropuerto, se tendrán 2 trenes.

En lo referido a los tiempos de viaje, el ramal que circula por el 4to Anillo demorará 1 hora, el mismo tiempo en la ruta desde Santa Cruz hasta Montero. En el caso del ramal al aeropuerto, el tiempo de viaje será de 8 minutos.

La frecuencia del servicio ha establecido que en el caso del 4to Anillo, el intérvalo entre trenes sea de 8 a 10 minutos. En la línea de Santa Cruz a Montero, el intérvalo será de 3’ minutos entre trenes, que es el mismo lapso de tiempo entre los trenes que se dirigirán hacia el aeropuerto.

SECCCIÓN 3 – ANÁLISIS DE CONDICIONES PREVIAS

8. REVISIÓN DE LOS RESULTADOS DEL BRAINSHOP METROPOLITANO

La metropolización se refiere al proceso por el cual una ciudad central y sus áreas circundantes crecen y se integran para formar una gran área metropolitana. Este proceso se caracteriza por la expansión urbana, el crecimiento demográfico y la integración económica y social entre la ciudad principal y sus suburbios o ciudades satélite.

En este apartado detallaremos el proceso de expansión urbana: La ciudad central se expande, abarcando zonas rurales y pequeñas localidades cercanas de Santa Cruz.

Pero primero algunos antecedentes:

8.1. Brainshop Metropolitano

En febrero de 2022, la Sociedad de Ingenieros de Bolivia (SIB) celebró el Primer Taller de Inteligencia Metropolitana de Santa Cruz, destinado a discutir y debatir el futuro estratégico de la Región Metropolitana de Santa Cruz. El taller contó con la participación de un amplio y comprometido grupo de representantes de organizaciones e instituciones locales, departamentales y nacionales, tanto públicas como privadas, así como de gobiernos externos y agencias de cooperación internacional, y de la sociedad civil organizada. Además, ponentes invitados con amplia experiencia en temas de interés metropolitano realizaron importantes presentaciones sobre cuestiones económicas, sociales, institucionales y territoriales. Tras estas presentaciones, se formaron 8 grupos de trabajo, que establecieron una base para el proceso de planificación.

Al término de las ponencias, se identificaron 4 áreas estratégicas de actuación, se establecieron 8 resultados estructurales y se identificaron 8 ejes estratégicos de desarrollo mediante proyectos estructurantes. Por último, se establecieron 8 grupos de trabajo (uno por cada eje estratégico), en los que participaron destacados profesionales con amplia experiencia de instituciones públicas, privadas, académicas y de la sociedad civil.

8.1.1. Ámbitos estratégicos de actuación

A continuación, se presenta un análisis detallado:

Económicamente, es evidente la necesidad de una transformación cualitativa de la base económica de Santa Cruz, que se ha estructurado principalmente en torno a la producción agrícola primaria y su eslabón posterior en la cadena productiva, la agroindustria de oleaginosas, maderera, azucarera y alcoholera, sin considerar la actividad ganadera con la industria cárnica de ganado vacuno, porcino y avícola.

Desde el punto de vista social, el reto no es menor, dado el carácter multiétnico y multicultural de gran parte de la población metropolitana, compuesta por emigrantes de diferentes orígenes culturales y cosmovisiones. Esta población metropolitana presenta un desafío único.

Institucionalmente, la autonomía municipal y departamental plantea un primer reto a superar, dadas las diversas visiones de desarrollo que cada uno tiene para los espacios territoriales sobre los que tienen jurisdicción. Es esencial trabajar de forma coordinada para abordar estas cuestiones. El municipio de Santa Cruz tiene el mayor peso en este caso, por su capacidad económica y social, pero aún se maneja con una visión monocéntrica en torno a los anillos.

La visión actual de una ciudad municipal unicéntrica, con Santa Cruz de la Sierra y sus anillos como eje central, desconoce la nueva realidad de una metrópoli policéntrica desequilibrada, donde el eje norte de Santa Cruz - Montero constituye su columna vertebral.

8.1.2. "Tren Metropolitano" como eje estratégico de la región metropolitana

Durante el taller Brainshop, se identificaron 8 ejes: Vivienda, HUB Viru Viru, Corredores Verdes, Sistema Logístico Industrial, Sistema Gris, Centro Histórico, Sistema de Formación y Capital Humano, y Tren Metropolitano. La visión de implantar un Tren Metropolitano en la Región Metropolitana de Santa Cruz se presentó gráficamente de la siguiente manera:

Figura No 39 Tren Metropolitano de Santa Cruz (según el brainshop metropolitano)

Fuente: GADSC

Es evidente que la visión de un sistema de transporte masivo se ha distribuido a lo largo de cada uno de los ejes estructurantes de la Región Metropolitana de Santa Cruz, el eje norte hacia

Montero, el eje sur hacia La Guardia, y el eje este llegando hasta Pailón. El desarrollo de un sistema de transporte en los ejes mencionados sería una decisión acertada para su implementación por fases, debido principalmente al desarrollo de asentamientos humanos que requieren de un sistema de transporte que ahorre tiempo de viaje y sea capaz de transportar grandes volúmenes de pasajeros. La importancia de este eje representa un llamado a la acción de los Gobiernos Municipales que conforman la Región Metropolitana de Santa Cruz, el Gobierno Departamental y el Gobierno Central, a fin de sentar bases de coordinación y establecer una ruta crítica para su implementación.

9. ANÁLISIS DEL PROCESO DE METROPOLIZACIÓN

9.1. La mancha urbana de la Región Metropolitana de Santa Cruz

Para considerar la implementación de un Sistema de Transporte Masivo como el Tren Metropolitano, es imprescindible considerar los asentamientos humanos y el desarrollo urbano que presenta el territorio. El caso de la Región Metropolitana de Santa Cruz es muy particular debido al auge poblacional que experimentó durante el periodo comprendido entre 1970 y la década del 2000, donde según datos del INE, pasó de poco más de 300.000 habitantes a más de 1,4 millones de habitantes. Este hecho tomó desprevenidos a los planificadores porque ni en sus proyecciones más optimistas habrían imaginado este fenómeno migratorio, generando la estructura urbana y los nodos que conocemos hoy.

9.1.1. Crecimiento poblacional

Para comprender la dispersión de los asentamientos humanos en la Región Metropolitana de Santa Cruz, primero debemos considerar el crecimiento de la población.

La Región Metropolitana de Santa Cruz es la mayor aglomeración urbana de Bolivia, y abarca la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y los municipios circundantes. Según las estadísticas oficiales del Instituto Nacional de Estadística, la población de la región ha crecido de forma constante en las últimas décadas.

En la tabla siguiente se comparan las cifras de población de los cuatro últimos censos oficiales, así como una proyección para el año 2022. Como muestran los datos, Santa Cruz de la Sierra ha sido siempre el municipio más poblado de la región, y La Guardia y Warnes también mantienen niveles de población significativos. Estos municipios estaban clasificados anteriormente como "ciudades intermedias", pero ahora forman parte oficialmente de la Región Metropolitana de Santa Cruz.

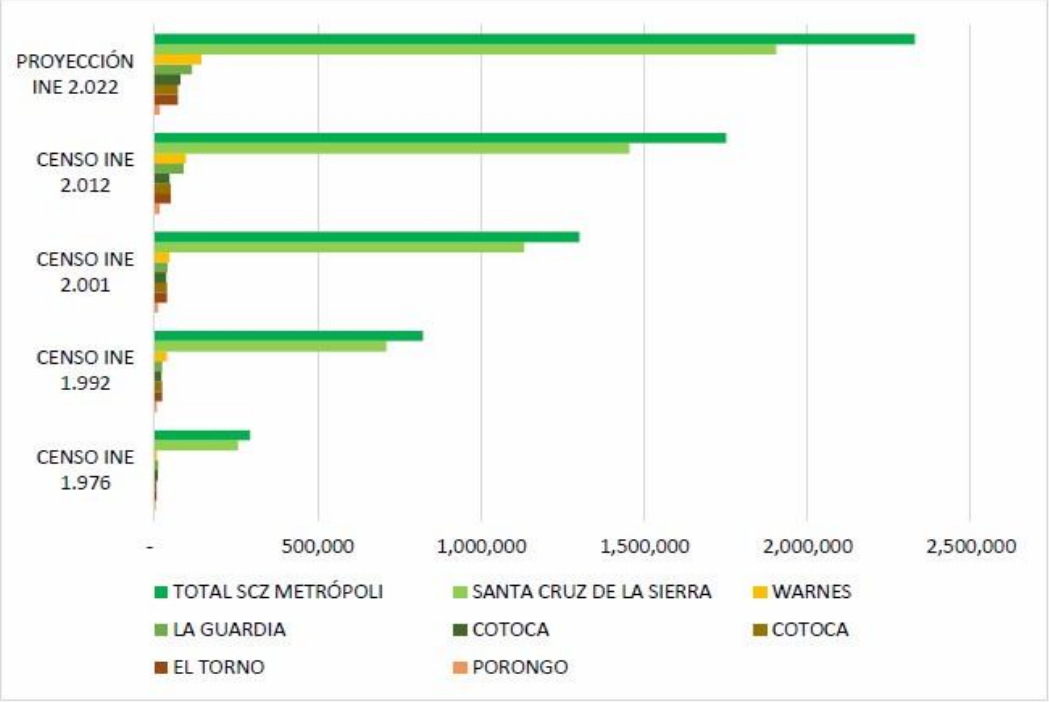
Cuadro No 14 Crecimiento poblacional de la Región Metropolitana de Santa Cruz

MUNICIPIOS	CENSO INE1.976	CENSO INE 1.992	CENSO INE 2.001	CENSO INE2.012	PROYECCIÓN INE 2.022
Santa Cruz de la Sierra	254.682	709.584	1.131.778	1.454.539	1.903.398
Warnes	7.081	38.285	45.318	96.406	144.193
La Guardia	11.502	22.520	39.552	89.284	114.318
El Torno	4.779	23.320	37.961	49.652	71.884
Cotoca	9.386	21.252	36.425	45.519	80.023
Porongo	4.085	8.272	11.085	15.317	14.496
TOTAL SCZ METRÓPOLI	**291.515**	**823.233**	**1.302.119**	**1.750.717**	**2.328.312**

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Censo de Población y Vivienda del INE.

El predominio poblacional del municipio de Santa Cruz de la Sierra es claramente evidente en todos los censos realizados. Los municipios que le siguen con un peso poblacional considerable son La Guardia y Warnes, que hace unos años eran consideradas "Ciudades Intermedias" y ahora forman parte oficialmente de la Región Metropolitana de Santa Cruz.

Figura No 40 Comportamiento de la población en diferentes censos



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Censo de Población y Vivienda del INE.

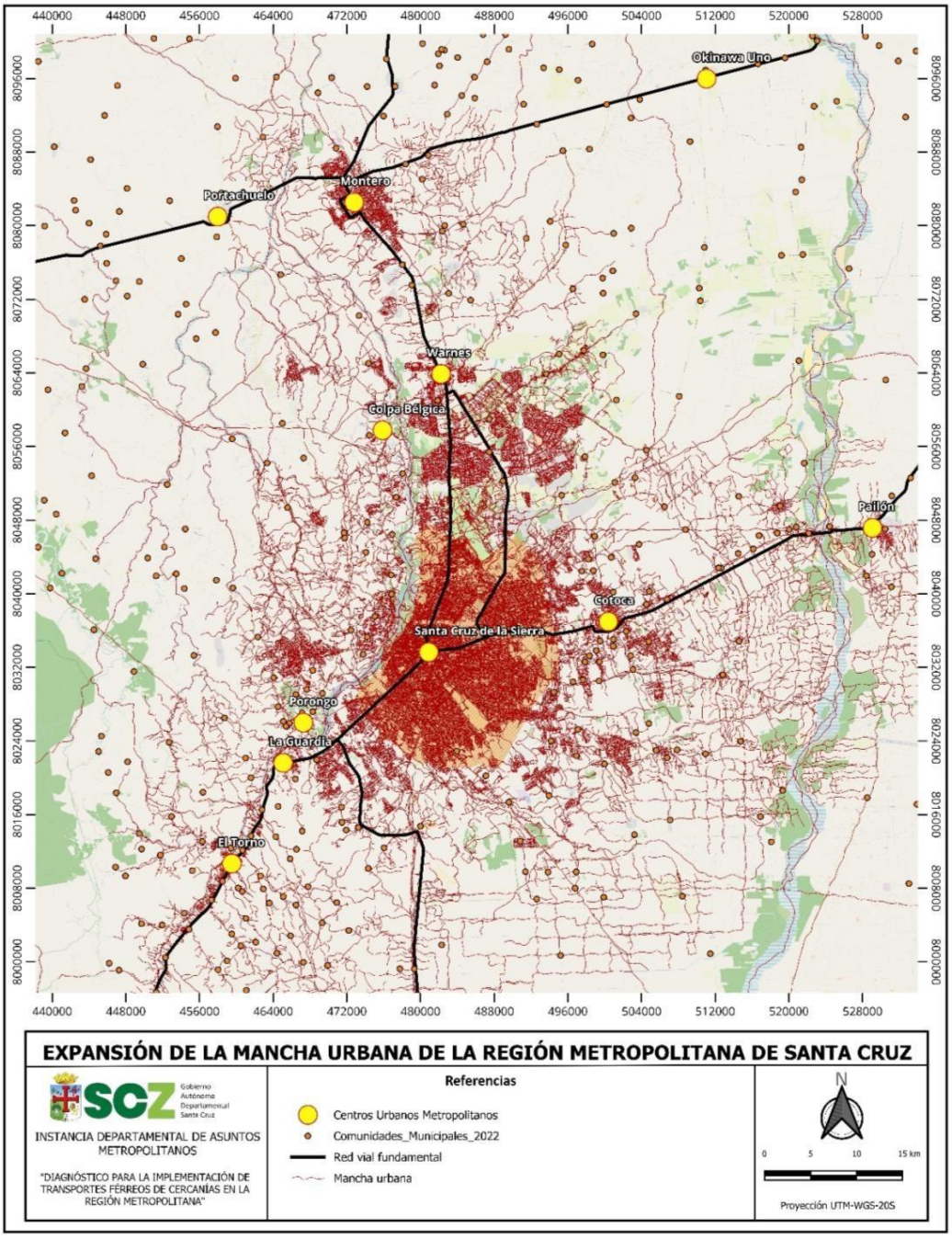
9.1.2. Expansión de la mancha urbana de la Región Metropolitana

El siguiente mapa muestra gráficamente la expansión actual del área urbana de la Región Metropolitana de Santa Cruz, destacando el municipio matriz como el punto crítico a partir del cual los asentamientos humanos se dispersan de forma descontrolada y desproporcionada. Este fenómeno se ha extendido por toda la Región Metropolitana, influenciado por la red viaria fundamental, dando lugar a núcleos urbanos intermedios entre las principales capitales de la Región Metropolitana.

Otra característica de la expansión del área urbana de la Región Metropolitana de Santa Cruz es el crecimiento disperso claramente observable. Esto no sólo transforma rápidamente el suelo rural en urbano, sino que afecta directamente a la calidad de vida de los habitantes al generar una baja densidad de ocupación territorial. La baja densidad en las zonas periféricas crea dificultades a los gobiernos municipales, que no gozan de la magnitud presupuestaria del municipio de Santa Cruz de la Sierra, para ampliar y dotar a la población de equipamientos y servicios urbanos.

Es esencial que un gobierno metropolitano colabore para garantizar que el pavimento sea homogéneo en toda la ciudad. Esto se debe a que un pavimento desigual o mal mantenido puede ser peligroso tanto para los peatones como para los conductores. Coordinar los esfuerzos de todos los gobiernos locales es crucial para lograr este objetivo.

Figura No 41 Expansión de la mancha urbana en la Región Metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia

9.2. El proceso de metropolización y la necesidad de un sistema de transporte metropolitano eficiente

Es evidente que el crecimiento poblacional es un factor significativo que ha promovido la dispersión incontrolada de los asentamientos humanos, generando múltiples puntos de conurbación.

9.2.1. Conurbaciones generadas en la Región Metropolitana de Santa Cruz

La conurbación se produce cuando varias ciudades o zonas urbanas crecen hasta el punto de fusionarse físicamente, formando una extensa zona urbana continua. Este fenómeno suele ser el resultado de una expansión urbana no planificada o mal planificada.

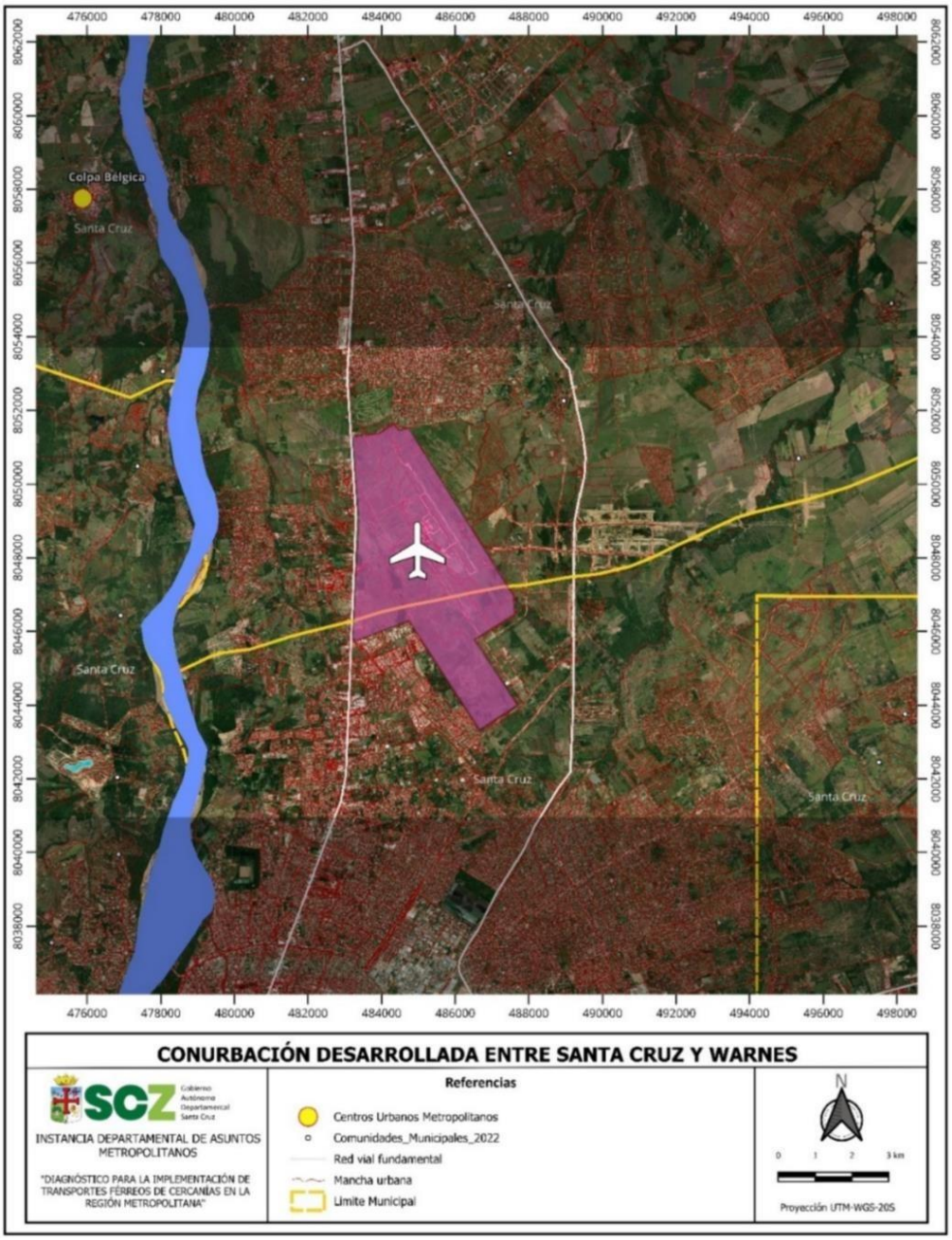
Tiene tres características principales:

- Fusión de áreas urbanas: Diferentes centros urbanos se expanden y sus periferias se fusionan.
- Diversidad de Centros Urbanos: Incluye una mezcla de ciudades de diferentes tamaños y con diferentes funciones.
- Interconexión Funcional: A pesar de mantener identidades separadas, estas ciudades se vuelven funcionalmente interdependientes.
- A continuación, se presentan las tres principales conurbaciones identificadas en la Región Metropolitana de Santa Cruz.

9.2.1.1 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y Warnes

Se trata de una de las conurbaciones más complejas debido a la influencia del Aeropuerto Internacional Viru Viru en la zona. La zona norte es uno de los lugares más solicitados para el desarrollo inmobiliario, por lo que en el futuro, el flujo de movimiento en esta zona requerirá una mayor atención por parte de ambos municipios.

Figura No 42 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y Warnes

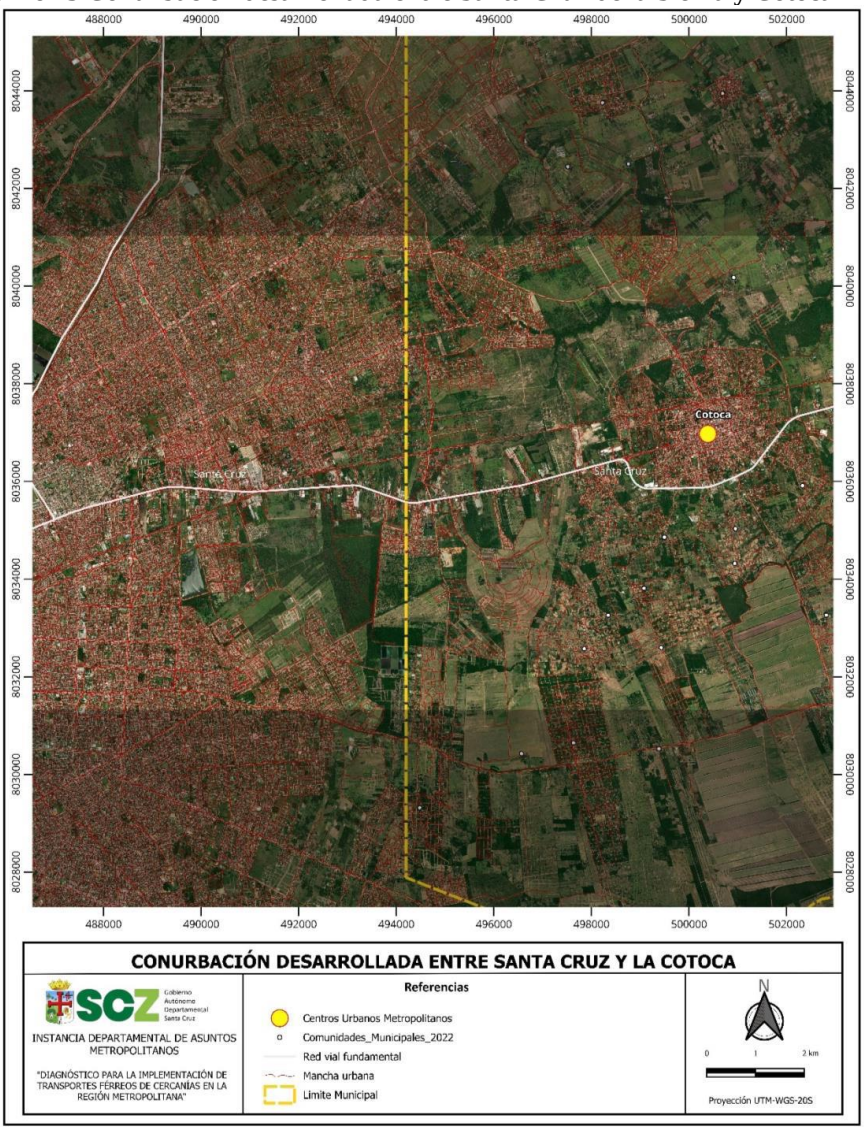


Fuente: Elaboración propia

9.2.1.2 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y Cotoca

La conurbación desarrollada entre el municipio de Santa Cruz de la Sierra y Cotoca se caracteriza por el desarrollo discontinuo del área urbana del municipio de Cotoca, donde aquellos asentamientos (conurbados) son producto de la influencia directa con el desarrollo urbano del municipio de Santa Cruz.

Figura No 43 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y Cotoca

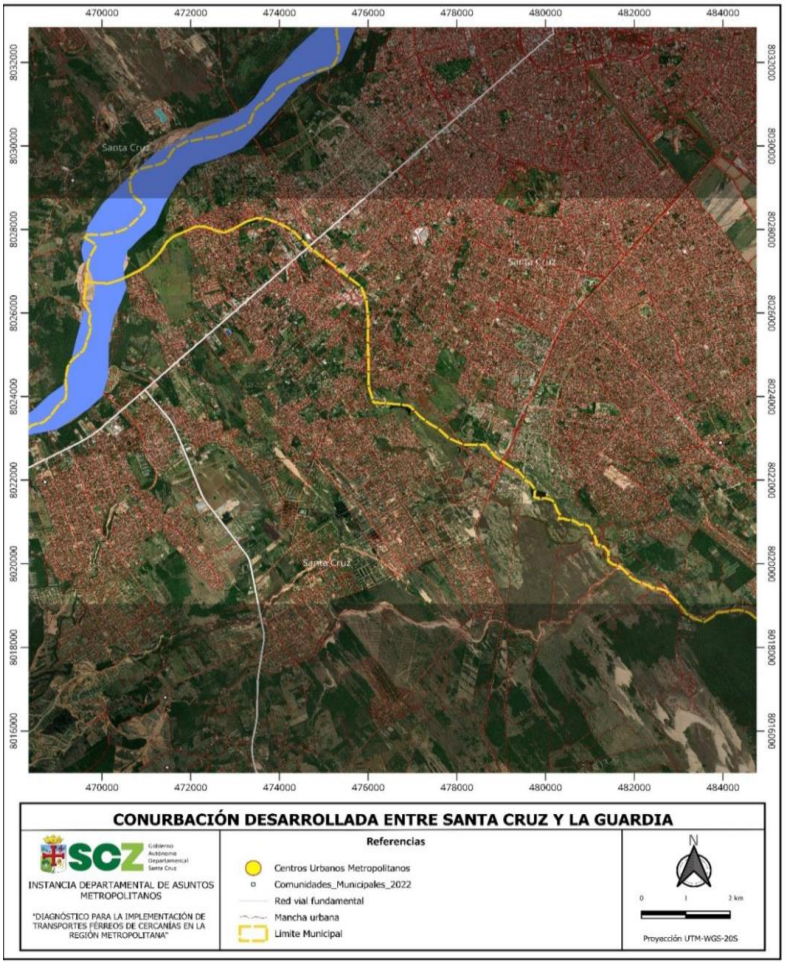


Fuente: Elaboración propia

9.2.1.3 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y La Guardia

La Región Metropolitana de Santa Cruz incluye varios municipios, cada uno con sus propias características y necesidades. Entre ellos, podemos identificar dos conurbaciones: la conurbación Santa Cruz-La Guardia y la conurbación El Torno-La Bélgica. La aglomeración Santa Cruz-La Guardia se caracteriza por la proximidad de ambos municipios, que comparten frontera. Sin embargo, a pesar de su proximidad, muchas personas trabajan o estudian en un municipio mientras viven en el otro. A diferencia de las dos aglomeraciones identificadas anteriormente, las condiciones topográficas presentes en el municipio de La Guardia hacia la subregión de los Valles crean un cuello de botella en la ruta nacional N°7, haciendo de esta zona un punto crítico y estratégico de planificación entre ambos municipios.

Figura No 44 Conurbación desarrollada entre Santa Cruz de la Sierra y La Guardia



Fuente: Elaboración propia

9.2.2. Necesidades de desplazamientos a escala Metropolitana de Santa Cruz

Todos los habitantes de la región metropolitana de Santa Cruz realizan sus actividades cotidianas en distintos lugares. Sin embargo, debemos considerar que el desplazamiento de una persona no es el mismo cuando se realiza dentro del mismo municipio que cuando se realiza hacia municipios diferentes.

Desplazamiento dentro de un municipio

Por lo general, las personas tardan 30 minutos en llegar a sus destinos, ya sea por motivos de trabajo, estudios escolares o universitarios, o algunas actividades recreativas, entre otros. Gastan relativamente poco dinero en transporte público. Por tanto, el factor tiempo y el factor económico son relativamente accesibles.

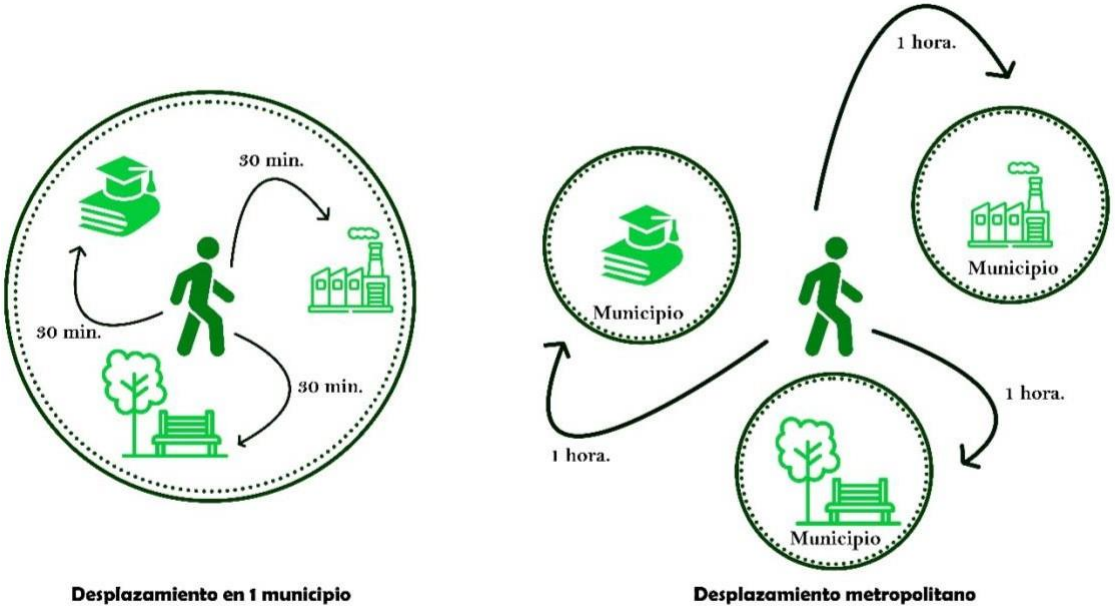
Desplazamiento metropolitano

Sin embargo, Santa Cruz de la Sierra ha pasado de ser un pequeño núcleo de población a convertirse en una metrópoli de aproximadamente 3 millones de habitantes.

Muchos habitantes de la región metropolitana de Santa Cruz tienen que desplazarse a otros municipios para cumplir con sus obligaciones laborales, estudios universitarios y actividades de ocio, entre otras. En este campo de acción, el factor tiempo generalmente se incrementa hasta 1 hora sólo en el trayecto de ida para llegar a sus destinos, haciendo un total aproximado de 2 horas diarias que los habitantes pierden en transporte público. Mientras tanto, el factor económico también es de gran consideración, ya que tienen que invertir en más de un medio de transporte para llegar a sus destinos.

En este sentido, comprender la inversión en tiempo y dinero que miles de ciudadanos realizan a diario es fundamental para la implementación de un tren de cercanías en la región metropolitana de Santa Cruz. En el siguiente mapa, se muestra la dirección de estos desplazamientos, teniendo en cuenta el municipio de Santa Cruz de la Sierra como municipio servidor y matriz de la región metropolitana, mostrando claramente el recorrido que deben realizar los ciudadanos que estudian o trabajan en diferentes municipios de la región metropolitana.

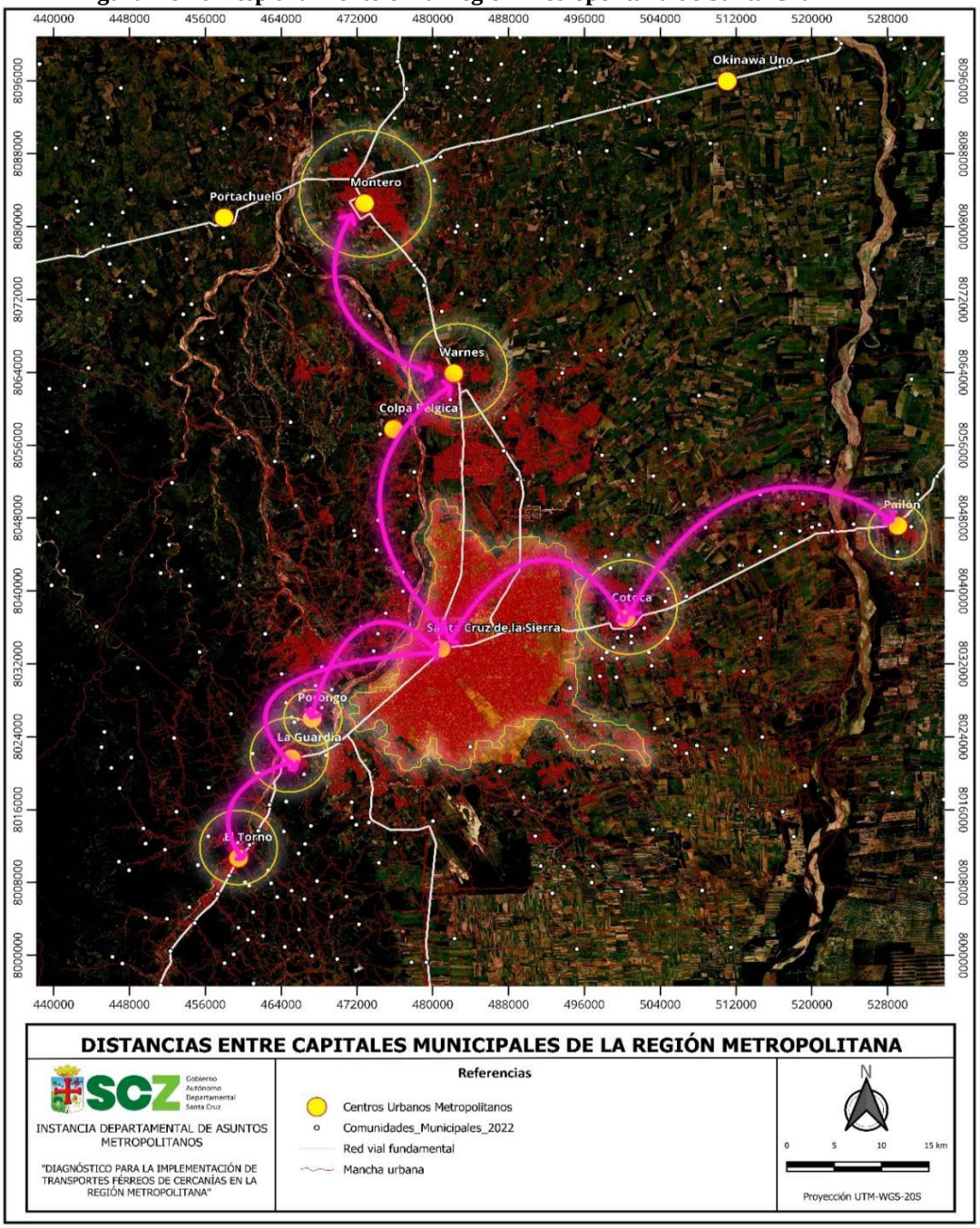
Figura No 45 Desplazamiento municipal y metropolitano



Fuente: Elaboración propia

El siguiente mapa muestra la dirección de los desplazamientos que se producen en la Región Metropolitana, teniendo en cuenta el municipio de Santa Cruz de la Sierra como municipio principal y matriz. Muestra claramente la ruta que deben seguir los ciudadanos que estudian o trabajan en diferentes municipios de la Región Metropolitana.

Figura No 46 Desplazamiento en la Región Metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia

9.2.3. Perdida de horas productivas en el transporte público

Todos los habitantes de la región metropolitana de Santa Cruz realizan sus actividades cotidianas en distintos lugares. Sin embargo, debemos considerar que el desplazamiento de una persona no es el mismo cuando se realiza dentro del mismo municipio que cuando se realiza hacia municipios diferentes.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo entre las distancias de las capitales municipales de la región Metropolitana de Santa Cruz, y el tiempo aproximado que demanda en realizar el recorrido por parte de los ciudadanos:

Cuadro No 15 Tiempo aproximado de desplazamiento entre centros urbanos

N°	Origen	Destino	Distancia (km)	Tiempo aprox.De recorrido (solo ida)	Tiempo aprox. adiario (ida y vuelta)
1	Santa Cruz de la Sierra	Warnes	28	30 min.	**60 min.**
2	Santa Cruz de la Sierra	Montero	49	50 min.	**1 hra. y 40 min.**
3	Santa Cruz de la Sierra	Cotoca	20	25 min.	**50 min.**
4	Santa Cruz de la Sierra	Pailón	50	50 min.	**1 hra. y 40 min.**
5	Santa Cruz de la Sierra	La Guardia	18	25 min.	**50 min.**
6	Santa Cruz de la Sierra	El Torno	33	40 min.	**1 hra. Y 20 min.**
7	Santa Cruz de la Sierra	Porongo (pueblo)	21	25 min.	**50 min.**

Fuente: Elaboración propia

En el eje norte se puede considerar el tiempo invertido por parte de los ciudadanos abarca un rango de 1 hora hasta casi 2 horas diarias de recorrido; Por eje este el rango promedio de tiempo invertido abarca desde los 50 minutos hasta casi 2 horas de recorrido; Por el eje sur el tiempo promedio invertido abarca desde 50 minutos hasta 1 hora y 20 minutos de recorridos a diario; y por último el eje oeste hasta Porongo pueblo, el tiempo invertido en el desplazamiento ida y vuelta abarca hasta los 50 minutos aproximadamente.

Este análisis comparativo de distancia y tiempo nos permite comprender que el ciudadano metropolitano invierte todos los días (lunes a sábado) hasta aproximadamente 2 horas de su tiempo.

Pérdida económica que priva a los ciudadanos

Actualmente el salario mínimo nacional ronda los 339 USD, por lo que 1 hora laboral equivale a aproximadamente 2 USD.

Figura No 47 Pérdida económica por cada usuario del transporte público intermunicipal

Fuente: Elaboración propia

Esto significa que un ciudadano al permanecer 2 horas de su tiempo varado en el transporte público, pierde 4 USD diarios (em horas productivas), 24 USD a la semana, 96 USD al mes y 1.152 USD al año, por el hecho de permanecer en un sistema de transporte deficiente.

9.2.4. Actual sistema del transporte intermunicipal

En la Región Metropolitana actualmente operan dos tipos de transporte predominantes, los cuales pueden identificarse los micros (el transporte más utilizado) y los minibuses. A continuación, se presenta el tipo de transporte utilizado en cada uno de los ejes.

Eje norte, Santa Cruz – Warnes – Montero

Figura No 48 Transporte público intermunicipal en el eje norte

Ruta SCZ - Warnes - Montero

Transporte más utilizado: Trufis

TIEMPO PROMEDIO DE DESPLAZAMIENTO (SOLO IDA):

SCZ - Warnes: 37 minutos.

SCZ - Montero: 1 hora y 4 min.

COSTO ACTUAL DEL PASAJE (SOLO IDA):

SCZ - Warnes: 5 - 6 Bs.

SCZ - Montero: 9 - 12 Bs.

Fuente: Elaboración propia

Eje norte, Santa Cruz – Cotoca – Pailón

Figura No 49 Transporte público intermunicipal en el eje este

Ruta SCZ - Cotoca - Pailón

Transporte más utilizado: Trufi

TIEMPO PROMEDIO DE DESPLAZAMIENTO (SOLO IDA):

SCZ - Cotoca: 32 minutos.

SCZ - Pailas: 55 minutos.

SCZ - Pailón: 1 hora y 10 min.

COSTO ACTUAL DEL PASAJE (SOLO IDA):

SCZ - La Cotoca: 3 - 5 Bs.

SCZ - Pailón: 10 Bs.

Fuente: Elaboración propia

Eje oeste, Santa Cruz – Porongo

Figura No 50 Transporte público intermunicipal en el eje oeste

Fuente: Elaboración propia

Eje sur, Santa Cruz – La Guardia – El Torno

Figura No 51 Transporte público intermunicipal en el eje sur

Fuente: Elaboración propia

10. MARCO NORMATIVO NACIONAL, REGIONAL Y MUNICIPAL

En este apartado del presente estudio se hace un análisis integral de la normativa vigente, releva los aspectos institucionales y define el tema competencial en materia de transporte. Para lo cual, se ha realizado un análisis en orden de prelación normativa, partiendo desde las normas nacionales y sus objetivos de desarrollo, hasta las normas de los gobiernos subnacionales.

La Constitución Política del Estado, promulgada el 7 de febrero del 2009, en su artículo primero, define a Bolivia como un "Estado unitario social de derecho plurinacional, comunitario, libre. Independiente, soberano, democrático, intercultural, descentralizado y con autonomías". Bajo este marco, el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES), 2016-2020, constituye el marco estratégico para alcanzar las metas planteadas desde la Agenda Patriótica 2025, como base para la construcción del Vivir Bien, que define a Bolivia en el Preámbulo de la CPE como "… un Estado basado en el respeto e igualdad entre todos, con principios de soberanía, dignidad, complementariedad, solidaridad, armonía y equidad en la distribución y redistribución del producto social, donde predomine la búsqueda del Vivir Bien".

El PDES está constituido por las metas que responden a los trece pilares establecidos en la Agenda Patriótica 2025. De acuerdo con el segundo pilar "Socialización y universalización de los servicios Básicos para Vivir Bien", logrando que todos los servicios básicos sean de acceso para todos los bolivianos, comprendiendo dentro de los servicios al transporte.

En este escenario, El Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, mediante el Viceministerio de Transportes[2] tiene como objetivos estratégicos: Vertebrar internamente e integrar externamente el país, a través de un sistema de transporte multimodal que promueva y garantice los servicios de transporte con accesibilidad universal, contribuyendo al desarrollo socioeconómico del país para posibilitar la integración nacional e incentivar el crecimiento de la economía boliviana, en base a los criterios de expansión y la alta demanda de un transporte más rápido y confortable. Es decir, la entidad cabeza de sector a nivel nacional es el Viceministerio de Transportes.

Ahora bien, a continuación, se hace una recopilación del marco jurídico que regula el transporte y la movilidad urbana en Bolivia. Nótese que las normas de carácter nacional no incorporan el término "movilidad urbana", sino utilizan el término "transporte". Por el contrario, las normas de carácter local, especialmente las normas más recientes, si incorporan cada vez más el término "movilidad urbana".

[2] En Bolivia no existe un Ministerio de Transporte. El Viceministerio de Transportes es uno de los 3 viceministerios del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda (MOPSV).

10.1. Constitución Política del Estado – CPE

Para el desarrollo de la movilidad existe un marco legal nacional en la propia Constitución Política del Estado (CPE) que establece las diversas competencias de los entes territoriales autónomos. Sin embargo, no existe un consenso pleno sobre cuál de los entes territoriales ejerce las competencias de tránsito y transporte, ello es relevante ya que se relaciona con las interferencias en el ejercicio de dichas competencias, la no apropiación de estas por parte de gobernaciones y los gobiernos autónomos municipales y la evidente carencia de herramientas operativas, financieras y técnicas en los diversos entes territoriales.

La CPE indica en su artículo 302, parágrafo I, numeral 18, que es competencia exclusiva de los Gobiernos Autónomos Municipales en su jurisdicción el transporte urbano, registro de propiedad automotor, ordenamiento y educación vial, administración y control del tránsito urbano, así como el ordenamiento territorial, uso de suelo y administración del territorio municipal. Por otra parte, define como competencia exclusiva, a la potestad que tiene un ente territorial autónomo para el ejercicio de las funciones legislativa, operativa y ejecutiva. En consecuencia, los municipios cuentan con el mandato de desarrollar políticas específicas para todos los aspectos inherentes al transporte urbano (educación vial y control de tránsito, sobre todo) y al desarrollo territorial. Por lo tanto, la CPE establece como fundamento jurídico, qué ente territorial cuenta con toda la potestad para el desarrollo de la movilidad urbana en las ciudades del país.

El aspecto más relevante en el marco regulatorio boliviano es que las normas de los diversos gobiernos autónomos tienen el mismo nivel jerárquico. Ello quiere decir que por ejemplo, una norma municipal en materia de tránsito tiene la misma jerarquía que una norma nacional y es, por supuesto, de estricto cumplimiento en el territorio. Un aspecto particular en las normas, es la diferencia conceptual entre el transporte y el tránsito, que, a nivel nacional, en algún caso puede interpretarse como dos denominaciones para la misma materia competencial o como dos materias distintas. En cambio, en el nivel municipal se suelen mencionar de manera separada al transporte urbano y al control de tránsito urbano.

Sin embargo, las competencias antes mencionadas se articulan en una base uniforme. El enfoque para la distribución de esta actividad en los distintos niveles de gobierno, relativo a la materia competencial de transporte / tránsito, establece que en cada nivel de gobierno se tiene una competencia exclusiva dependiendo de si el tránsito es interdepartamental, interprovincial o urbano. Al ser una competencia exclusiva de cada uno de ellos, a cada uno le correspondería sancionar la ley reguladora, con los posibles inconvenientes de dispersión, superposición o contradicción de regulaciones que podrían derivar. Algo que en la práctica se puede constatar de manera frecuente[3].

[3] Un ejemplo contemporáneo de sobreposición de normas, se evidencia en los permisos de operación del transporte intermunicipal de pasajeros en Santa Cruz. Según el Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra, el operador que solicita contar con el registro como operador de transporte intermunicipal, debe pedir permiso en primera instancia al

Es importante aclarar, que a nivel nacional, el órgano encargado de dictaminar las leyes es el Órgano Legislativo, con sede en La Paz. Si un sector, (por ej. el sector transporte), necesita desarrollar normativa, cualquier ciudadano [4]o entidad boliviana (por ej, el Viceministerio de Transportes) pueden presentar proyectos de ley para la consideración del órgano legislativo, el cual luego de una revisión exhaustiva (en sus dos cámaras: Cámara de Senadores y Cámara de Diputados), eventuales modificaciones y revisión de la constitucionalidad de la norma, tiene la facultad de promulgarla. Por otra parte, el Órgano Ejecutivo, cuya máxima autoridad es el Presidente, está también facultado para la emisión de Decretos Supremos.

En lo referido a los niveles subnacionales, en el nivel, regional, son las Asambleas Legislativas Departamentales que pueden promulgar leyes departamentales. En el nivel local, son los Concejos Municipales las entidades competentes en la emisión de leyes municipales.

En lo referido estrictamente al transporte ferroviario, la CPE contiene los siguientes artículos:

- Art. 298: Competencia Privativas del Nivel Central del Estado

  Parágrafo II, numeral 10: Construcción, mantenimiento y administración de líneas férreas y ferrocarriles de la Red Fundamental.

- Art. 300: Competencia Exclusiva de los Gobiernos Autónomos Departamentales

  Parágrafo I, numeral 8: Construcción y mantenimiento de líneas férreas y ferrocarriles en el departamento de acuerdo a las políticas estatales, interviniendo en los de las Red fundamental en coordinación con el nivel central del Estado.

  Parágrafo I, numeral 9: Transporte interprovincial terrestre, fluvial, ferrocarriles y otros medios de transporte en el departamento.

10.2. Ley Marco de Autonomías

La Ley Marco de Autonomías N° 031 señala, en el artículo 96, parágrafo VII, numeral 1 y 5, que los gobiernos autónomos municipales tienen la competencia exclusiva de planificar y desarrollar el transporte urbano, incluyendo administración y control del tránsito, así como la competencia de

municipio y después con ese permiso hacerlo en el Gobierno Departamental de Santa Cruz (GADS). En oposición, el GADS, no pide como requisito estar registrado en el municipio de Santa Cruz de la Sierra. Por lo tanto, existen operadores con el registro como operador de transporte intermunicipal que "irónicamente" no se hallan registrados en el municipio. Es decir, el GADS emitió registros para operadores que para el municipio "no existen", aunque están circulando por su jurisdicción.

[4] De conformidad a lo establecido por la CPE en su artículo 163, las ciudadanas y los ciudadanos solo pueden presentar sus proyectos de ley ante la Cámara de Diputados.

ordenamiento y educación vial, que se ejercerá, cuando corresponda, en coordinación con la Policía Boliviana. Dicha coordinación frecuentemente se malentiende, y la policía boliviana suele asumir de facto las tareas descritas, en especial la aplicación del Código de Tránsito[5]. No obstante, si algún gobierno autónomo municipal decidiese hacerse cargo de la competencia exclusiva en transporte urbano, ordenamiento y educación vial, administración y control del tránsito, es decir, de todos los aspectos integrales que ello implica, estaría plenamente facultado para ello.

10.3. Ley No. 777 del Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE)

Esta ley tiene por objeto establecer el Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE), que conduce el proceso de planificación del desarrollo integral del Estado Plurinacional de Bolivia, en el marco del Vivir Bien. A su vez establece que el SPIE está conformado por los siguientes subsistemas: a) Planificación; b) Inversión Pública y Financiamiento Externo para el Desarrollo Integral; y c) Seguimiento y Evaluación Integral de los planes.

Se establece que el ente rector de esta norma es el Ministerio de Planificación del Desarrollo y se establece el Subsistema de Inversión Pública y Financiamiento Externo para el Desarrollo Integral (SIPFE) como el conjunto de principios, procesos, procedimientos e instrumentos técnicos destinados a la gestión de inversión y el financiamiento externo bilateral y multilateral que se requieren para la implementación de los planes generados, en el marco del SPIE.

La norma establece que el financiamiento para la formulación e implementación de planes, así como para la formulación y ejecución de programas y/o proyectos de las entidades públicas, pueden provenir de: i) Tesoro General de la Nación, de acuerdo a disponibilidad financiera; ii) Préstamos o donaciones nacionales y/o extranjeras; y iii) Otros recursos. La asignación de recursos de las entidades públicas será priorizada para la implementación de los planes de mediano y corto plazo, en el marco del Plan General de Desarrollo Económico y Social (PGDES) que es un instrumento de planificación a largo plazo, con un horizonte de hasta 25 años.

La planificación a mediado plazo, con un horizonte de 5 años, se compone de: 1) El Plan de Desarrollo Económico y Social en el marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien (PDES); 2) Los Planes Sectoriales de Desarrollo Integral para Vivir Bien (PSDI); 3) Los Planes Territoriales de Desarrollo Integral para Vivir Bien (PTDI); 4) Los Planes de Gestión Territorial Comunitaria para Vivir Bien (PGTC); 5) Los Planes Estratégicos Institucionales (PEI); 6) Los Planes de Empresas Públicas; 7) Las Estrategias de Desarrollo Integral (EDI) de regiones, regiones metropolitanas y macro-regiones estratégicas.

[5] Código de Tránsito de Bolivia: Norma emitida en 1973, que regula el tránsito por las vías terrestres de Bolivia.

La planificación de corto plazo está constituida por los Planes Operativos Anuales (POA) y los planes anuales de ejecución de las empresas públicas con un horizonte de un (1) año, y por los Planes Inmediatos con una duración de hasta dos (2) años.

El PGDES y el PDES son de cumplimiento obligatorio para las entidades públicas del nivel nacional, regional y municipal. Ambos planes establecen las orientaciones para el sector privado, comunitario y social-cooperativo, para el pueblo boliviano y sus organizaciones sociales, y son el marco de alineamiento para la cooperación internacional, organizaciones no gubernamentales, fundaciones, y entidades civiles sin fines de lucro, bajo las directrices y coordinación del Ministerio de Planificación del Desarrollo.

10.3.1. Plan de Desarrollo Económico y Social en el marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien (PDES)

El PDES es el instrumento a través del cual se canaliza la visión política que se desprende del PGDES, materializada en la planificación de mediano plazo, contiene un enfoque político, plantea escenarios macroeconómicos futuros y determina un presupuesto total quinquenal. Entre otros aspectos, el PDES contiene elementos del ordenamiento del territorio, sobre el cual el Ministerio de Planificación del Desarrollo elabora el marco general y el Plan Nacional de Ordenamiento Territorial, con un enfoque de gestión de sistemas de vida, de gestión de riesgos y cambio climático, en coordinación con las entidades competentes, que deberá ser consolidado de forma gradual en un proceso de planificación territorial de desarrollo integral.

El PDES vigente ha sido elaborado para el período 2021-2025 y tiene 10 ejes temáticos. El sector transporte es parte del Eje 3 – Seguridad Alimentaria con soberanía, promoción de exportaciones con valor agregado y desarrollo turístico, el cual en su meta 3.3 indica *"Impulsar la integración nacional e internacional para fortalecer los centros productivos con sistemas de transporte carretero, aéreo, férreo, fluvial y urbano."* Por otra parte, el presupuesto total quinquenal del PDES establece que el 53% se destinará a temas productivos; 34% a infraestructura, 11% a temas sociales y 2% a inversión multisectorial. En relación a proyectos de transporte macro, se destacan: i) Hidrovía Ichilo-Mamoré; y ii) Hidrovía Paraguay – Paraná.

10.4. Ley de Medio Ambiente 1333

La Ley 1333 de Medio Ambiente establece la obligación para cada obra, actividad o proyecto, de generar un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), de acuerdo a la categorización establecida, que refleje la evaluación de los impactos socio - ambientales posibles.

Está establecido tanto en el artículo 25° de la mencionada Ley del Medio Ambiente, así como en el artículo 54° del Reglamento General de Gestión Ambiental - RGGA y en el Título III (Arts. 14°, 15°, 16°) del Reglamento de Prevención y Control Ambiental –RPCA, en general, y de manera particular en el Capítulo IV, artículo 23°.

Además de las modificaciones y complementaciones del Decreto Supremo 3549, del 2 de mayo de 2018; y del Decreto Supremo 3856 del 3 de abril de 2019.

El D.S. 3856, establece el Nivel de Categoría para la Evaluación de Impacto Ambiental, en el cual se establece para el Sector de Urbanismo y vivienda, sub sector urbanismo y debido a las características descritas la categoría 3 según la descripción de, proyecto:

Cuadro No 16 Niveles de categorías para la evaluación de impacto ambiental

Descripción de la actividad, obra o proyecto	Aspectos a considerar	Categoría
Construcción de infraestructura de instituciones públicas y privadas	No se ubiquen al interior de un área protegida	3

Fuente: Elaboración propia

Nivel de categoría 3: Programa de Prevención y Mitigación – Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental. Nivel que por las características ya estudiadas y conocidas de AOPs, permita definir acciones precisas para evitar o mitigar efectos adversos. Se le otorgará un certificado de Dispensación, previa presentación y aprobación del Programa de Prevención y Mitigación – Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental – PPM-PASA. Conforme al Anexo "C-1".

Cuando se presenta el citado estudio para la tramitación de la Licencia Ambiental del Proyecto a ser ejecutado, el promotor (en este caso el Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz) firma un compromiso con carácter de declaración jurada, obligándose a hacer cumplir lo estipulado los documentos PPM-PASA, como parte integrante del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental presentado a la autoridad del Medio Ambiente.

10.5. Ley No. 1178 – Ley de Control y Administración Gubernamentales

10.5.1. Normas básicas del Sistema de Crédito Público

El Sistema de Crédito Público es un conjunto de principios, normas, procesos y funciones para la eficiente y eficaz gestión de la deuda pública en el marco de la administración financiera gubernamental. Esta norma regula las operaciones relativas a la captación y administración de recursos financieros, obtenidos por la vía del endeudamiento público interno o externo, contemplados en el Presupuesto General de la Nación, y destinados al financiamiento de inversiones o de gastos en los que el sector público es deficitario, a cubrir desequilibrios financieros temporales que presente el ejercicio fiscal o atender casos de emergencia. Los componentes del Sistema de Crédito Público son: la deuda pública interna y la deuda pública externa, sean éstas de corto o largo plazo. El órgano rector es el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas (MEFP). Nótese que uno de los principios fundamentales de esta norma es la "centralización"[6].

En el artículo 31, se establecen los requisitos para que las entidades del sector público a nivel nacional, departamental y municipal, soliciten el inicio de las operaciones de crédito público, entre las cuales se debe:

a. Demostrar su capacidad económica y su estado patrimonial, respetando los siguientes límites de endeudamiento:

1. Límite financiero máximo de endeudamiento, establecido por el MEFP[7], aplicado en función de la situación económica financiera de las entidades del sector público cumpliendo la siguiente regla:

i. El servicio de la gestión corriente (amortizaciones a capital, intereses y comisiones) no podrá exceder el veinte por ciento (20%) de los ingresos corrientes recurrentes de la gestión anterior.
ii. El valor presente de la deuda total no podrá exceder el doscientos por ciento (200%) de los ingresos corrientes de la gestión anterior.
El MEFP fija la tasa de actualización aplicable a cada gestión y en ningún caso se excede la tasa LIBOR 6 meses promedio del año anterior.

[6] Centralización: que establece que las decisiones referidas al endeudamiento público están supeditadas a procesos centralizados de inicio de operaciones de crédito público; aunque su negociación, contratación, utilización, servicio y registro puedan realizarse de nivel descentralizado.
[7] Las entidades estatales están obligadas a reportar sus estados financieros, enviar sus planes operativos anuales y al final de cada gestión la ejecución físico-financiera de su presupuesto. Esa información sirve al MEFP para saber la capacidad de endeudamiento de cada entidad (gobiernos departamentales y municipales), para emitir la certificación presupuestaria. De la misma manera, el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo reporta al MEFP sobre los créditos que gestiona de fuentes externas.

2. Límite financiero anual del endeudamiento (territorial o sectorial), determinado en el Presupuesto aprobado por Ley para la gestión.

b. Acatar las condiciones financieras de endeudamiento definidas por el MEFP en función de la política crediticia.

c. Avalar su situación económica financiera, mediante la presentación determinada por el MEFP: 1) Importe y perfil de la deuda contraída; 2) Importe y perfil de nuevas obligaciones a contraer; y 3) Flujo de fondos proyectado para el periodo de duración del endeudamiento.

d. Acatar la presentación de documentación técnica que describa las características principales de las operaciones de crédito público que se solicita iniciar.

10.5.2. Decreto Supremo 181 – Normas Básicas del sistema de administración de Bienes y Servicios

Establece los imperativos para la conducta ética del servidor público que interviene en la contratación de bienes y servicios del Estado, para promover y regular la conducta ética de los servidores públicos.

El Sistema de Administración de Bienes y Servicios es el conjunto de normas de carácter jurídico, técnico y administrativo, que regulan en forma interrelacionada con los otros sistemas de administración y control de la Ley N° 1178, la contratación, manejo y disposición de bienes y servicios de las entidades públicas.

10.6. Normativa de Alianzas Público Privadas y Concesiones

Bolivia tiene normas de promoción de inversiones, como la ley 516 de 2014 y el Decreto Supremo No. 3469 de 2018, pero no es un país que promueva las Alianzas Público Privadas (APP), ello significa que las inversiones son en su mayoría estatales. A nivel subnacional, algunos municipios como es el caso de Cochabamba[8] o el Gobierno Departamental de Santa Cruz[9] han desarrollado normativa en el marco de sus competencias y en sus jurisdicciones, que va en camino del establecimiento de las APP.

En el caso de las concesiones se cuenta con la Ley 1874 – Ley General de concesiones de obras públicas de transporte que se describe en el presente apartado.

[8] Ley Municipal 1179/2022 de Alianzas Público Privadas en el Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba. Fue aprobada el 30 de junio y promulgada el 1 de julio.
[9] Ley Departamental 224/2021 Ley de promoción de las inversiones a través de alianzas público-privadas en el Departamento de Santa Cruz.

10.6.1. Decreto Supremo No. 3469 – Contratos Estratégicos de Inversión Conjunta

Este Decreto supremo emitido en 2018 establece los preceptos de los contratos de Alianzas Estratégicas de Inversión Conjunta (CAIC) con empresas públicas o privadas constituidas en el país y/o con empresas públicas o privadas extranjeras, con el fin de promover la inversión y la complementariedad de la economía plural. Fija al Ministerio de Planificación del Desarrollo como la entidad que deberá coadyuvar en la gestión, coordinación y elaboración de los CAIC con los involucrados, a objeto de atraer y consolidar la inversión privada nacional o extranjera. Es mandatorio que una empresa pública del nivel central del estado (es decir del gobierno nacional), sea parte de un CAIC.

10.6.2. Ley No. 1874: Ley General de Concesiones de obras públicas de transporte

Esta norma que data de 1998, establece la concesión de obra pública de transporte, entendiendo a la misma a aquella que se otorga y contrata sobre cualquier bien inmueble que se construya, mejore, repare, mantenga, u opere que se destine a cualquier actividad de transporte vial, ferroviario, aéreo, fluvial o lacustre, incluidos sus puertos y los aeropuertos o sólo las terminales de pasajeros y/o carga, de unos y otros, a cambio de la concesión temporal de la explotación del servicio que presta al público, incluidos los bienes de dominio público, fiscales o municipales, destinados a desarrollar las obras principales y sus áreas de servicio.

Define que en las obras que se otorguen y contraten en concesión en virtud de esta ley se podrá incluir el uso del subsuelo y de los derechos de construcción en el espacio sobre bienes del dominio público, fiscales, de las gobernaciones o de los municipios, destinados a ellas. Dichos derechos también se podrán sujetar como accesorios de la concesión principal o darse en concesión separada, estableciéndose su conexión física y accesos con la o las obras que se licitan por concesión o con las previamente existentes, estén otorgadas en concesión o no.

El uso y goce sobre los bienes del dominio público, fiscales, departamentales o municipales que se destinen al desarrollo y operación de dichas obras y a las áreas de servicio adicionales que se incluyan en ellas, se someterá a las mismas disposiciones de la concesión.

10.6.3. Ley Departamental No. 224: Ley Departamental de Promoción de inversiones a través de Alianzas Público – Privadas en el Departamento de Santa Cruz

El ámbito de aplicación de esta norma es departamental es el siguiente:

Art. 3. Ámbito de aplicación:

La presente Ley tiene aplicación en la jurisdicción del Departamento de Santa Cruz, y es obligatoria para la constitución de Alianzas Público – Privadas con el Gobierno Autónomo Departamental, sus Entidades Descentralizadasy/o sus Empresas Públicas Departamentales, bajo los límites establecidos constitucionalmente, en el marco de sus competencias exclusivas, concurrentes y compartidas. Las Alianzas Público – Privadas comprenderán, los siguientes sectores:

a) Sector Vial, ferroviario, fluvial, aeroportuario y carretero de la red departamental de carreteras.
b) Sector Productivo Primario y Secundario, Comercial y de Servicios.
c) Sector de telecomunicaciones, telefonía y postal.
d) Sector cultural y/o deportivo.
e) Sector Energético, fuentes alternativas y renovables de energía.
f) Sectores sociales, de salud, educación, turismo, vivienda y desarrollo urbano, en el marco de las competencia del Gobierno Autónomo Departamental.
g) Otros sectores en el marco de las competencias concurrentes, compartidas y exclusivas del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz.

Para promover las Alianzas Público Privadas, la ley dictamina la creación de la Dirección Estratégica de Promoción de la Inversión Privada bajo la modalidad de Alianzas Público-Privadas (DEPIP).

En relación a las modalidades de propuesta de una Alianza Público Privada, las que se definen son dos: a) Alianza Público - Privada de Iniciativa Pública; y b) Alianza Público - Privada de Iniciativa Privada. En el caso de la iniciativa pública, el promotor debe ser el GADSC y entidades bajo su tuición y deben ser públicas para que el sector privado pueda presentar propuestas obre las mismas. En el caso de las iniciativas privadas, el sector privado puede presentar sus propuestas de interés departamental ante el GADSC para su respectiva evaluación.

La norma establece que existe la posibilidad de realizar una inversión conjunta entre el GADSC y los actores privados, debiendo señalar las responsabilidades y beneficios que correspondan a cada uno en función de su participación en la inversión.

10.7. Ley General de Transporte No. 165

La Ley General del Transporte N° 165, promulgada en el año 2011, es la norma macro que regula el sector. En ella se efectúa varias precisiones sobre el rol de los gobiernos autónomos municipales en el marco de su competencia exclusiva referidas a: infraestructura vial, planificación del transporte, educación vial y la seguridad vial.

El artículo 7 define a la infraestructura vial como toda superficie terrestre, pública o privada, por donde circulan peatones y unidades de transporte, que está señalizada y bajo jurisdicción de las autoridades nacionales[10], departamentales, municipales e indígena originario campesinas[11].

Asimismo, el artículo 22, inciso a, señala que los gobiernos municipales tienen competencia exclusiva para planificar y desarrollar el transporte urbano, incluyendo el ordenamiento del tránsito urbano en toda la jurisdicción municipal. En cuanto a la educación vial, el artículo 188 establece que se constituye en el medio fundamental para evitar accidentes de tránsito, para lo cual las autoridades competentes elaborarán la normativa específica para el funcionamiento de centros de enseñanza para conductores, entre otros elementos, que mejoren el comportamiento ciudadano en este aspecto. Finalmente, el artículo 189 se refiere a la seguridad vial estableciendo que, a fin de garantizar la circulación y el desplazamiento fluido, seguro y eficiente de vehículos y peatones en las vías públicas de todo el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, se reglamentarán mediante norma específica los aspectos relativos a la seguridad vial y al tránsito.

En lo referido al transporte ferroviario, la Ley 165 determina que:

- Art. 66: Infraestructura del sector de transporte

La infraestructura del sector transporte en sus modalidades aérea, terrestre, ferroviaria y acuática (marítimas, fluviales y lacustres), y las necesarias para la logística está comprendida por vías de comunicación, obras civiles, equipamiento e instalaciones para servicios de transporte.

- Art. 68: Áreas para Infraestructura de transporte

Los gobiernos autónomos municipales, deberán identificar e incorporar las áreas que puedan servir como terminales terrestres, aeroportuarias, estaciones ferroviarias o puertos fluviales o lacustres a futuro, en los planes de ordenamiento territorial, planes de uso de suelo, planes directores o reguladores, o cualquier otro instrumento de planificación urbana.

- Art. 260: Políticas y elementos técnicos que rigen el servicio público ferroviario

Numeral 11: La planificación y establecimiento de redes ferroviarias, horarios y frecuencias estarán basados en el principio de accesibilidad, las necesidades de movilidad y demanda poblacional y de las actividades económicas y comerciales, aplicándose criterios de accesibilidad equitativa, reduciendo tiempos de espera, tiempos de viaje, asegurando la regularidad y procurando un mejor nivel de calidad del servicio.

[10] La infraestructura bajo jurisdicción de las autoridades nacionales se presentan en el Cuadro No.4 de este estudio.
[11] Las autoridades indígenas originario campesinas están a cargo en la medida de sus posibilidades de infraestructura relativa a pequeños caminos vecinales y proyectos similares. No existen registros de proyectos promovidos por este tipo de autoridades.

- Art. 261: Administración de la infraestructura ferroviaria

El Órgano Ejecutivo del nivel central, establecerá una entidad que será la encargada de la planificación y gestión de la infraestructura de la Red Ferroviaria Fundamental, estableciendo sus atribuciones, funciones y marco organizacional.

- Art. 262: Empresa estatal operadora de ferrocarriles

El Órgano Ejecutivo del nivel central establecerá una Empresa Estatal Operadora de Ferrocarriles encargada de la explotación del servicio público ferroviario por cuenta del Estado Plurinacional de Bolivia en la Red Fundamental Ferroviaria.

- Art. 263: Construcción y explotación de líneas férreas

Podrán construir y explotar líneas férreas en el territorio nacional el nivel central del Estado Plurinacional, los gobiernos autónomos departamentales y municipales en caso de líneas de la Red Ferroviaria Fundamental, líneas departamentales o municipales respectivamente y los particulares, estos últimos de acuerdo a convenios o contratos con la instancia correspondiente.

- Art. 265: Red Ferroviaria Fundamental

Se establece la Red Ferroviaria Fundamental como aquella cuyas líneas tengan solución de continuidad para poder atravesar más de un departamento o conectar el territorio nacional con líneas de países vecinos.

- Art. 266: Red Ferroviaria Departamental

Se consideran redes ferroviarias departamentales aquellas que no tengan solución de continuidad que permitan atravesar más allá de un departamento o que teniendo solución de continuidad a nivel central sólo estén destinadas a prestar servicio dentro del ámbito geográfico de un solo departamento.

- Art. 267: Red Ferroviaria Municipal

Se consideran redes ferroviarias municipales aquellas que no tengan solución de continuidad que permitan atravesar más allá de un municipio que, teniendo solución de continuidad a nivel departamental o central, sólo estén destinadas a prestar servicio dentro del ámbito geográfico de un solo municipio.

- Art. 274: Construcción de Líneas Ferroviaria en la Red Fundamental

La construcción de líneas ferroviarias que amplíen la Red Fundamental Ferroviaria o la modifiquen será encarada por la entidad administradora de infraestructura ferroviaria o por particulares de acuerdo a un convenio que será suscrito con la primera y autorizado conforme a la normativa específica.

- Art. 276: Construcción de Líneas Ferroviaria en redes Departamentales o Municipales

I: Los gobiernos autónomos departamentales y municipales serán los encargados de ejecutar estudios y realizar la construcción, mejoramiento de infraestructura ferroviaria de carácter departamental o municipal y municipio autónomo indígena originario campesino, cuando corresponda.

II: La entidad administradora de infraestructura ferroviaria podrá ejecutar estudios y realizar la construcción, mejoramiento de infraestructura ferroviaria de carácter departamental o municipal, en cuyo caso, tendrá derecho a la administración exclusiva de estas infraestructuras por un tiempo que permita recuperar las inversiones ejecutadas de acuerdo a la tasa de retorno esperada, en función a normativa específica.

- Art. 278: Clasificación de las Vías Férreas

Dentro de cada red ferroviaria, la autoridad competente, clasificará las vías a fin de fijar las velocidades de circulación y otros factores de acuerdo a criterios establecidos en estándares

técnicos y que sean requeridos para garantizar la seguridad, fiabilidad y calidad en todos los aspectos del servicio.

- Art. 281: Servicio de transporte ferroviario

El transporte ferroviario, guiado o con alimentación exclusiva de energía, es un servicio de interés público y esencial para la comunidad, pudiendo ser de pasajeros y de carga. Dicho servicio se prestará por empresas ferroviarias públicas o privadas nacionales o internacionales, con arreglo a lo previsto en la presente Ley.

- Art. 283: Empresas Ferroviarias

Son empresas ferroviarias aquellas entidades titulares de una licencia otorgada por la autoridad regulatoria competente del nivel central, cuya actividad es integral pudiendo contemplar la comercialización y servicios colaterales, siendo su rubro específico el transporte público ferroviario de pasajeros y/o carga, aportando necesariamente la tracción. Se consideran empresas ferroviarias también aquellas que aporten exclusivamente la tracción.

10.8. Infraestructura Vial

La infraestructura vial en Bolivia se discrimina en cuanto a su administración en función al carácter de las vías: a) Vías municipales; b) Vías departamentales; y c) Vías nacionales.

Cuadro No 17 Entidades competentes de acuerdo a la infraestructura vial

	Vías Municipales *(calles, avenidas)*	**Vías Departamentales** *(Caminos departamentales que conectan provincias)*	**Vías Nacionales** *(Red Vial Fundamental[12])*
Entidad competente	Gobierno Autónomo Municipal	Gobierno Autónomo Departamental	Administradora Boliviana de Carreteras*
Responsable específico	Secretaría Municipal de Movilidad Secretaría Municipal de Obras Públicas	Secretarías Departamentales de Transporte Secretarías Departamentales de Obras Públicas	Gerencias Departamentales Gerencia Nacional
Responsa-bilidades	Inversión en la infraestructura Conservación vial**	Inversión en la infraestructura Conservación vial** Cobro de Peaje***	Inversión en la infraestructura Conservación vial** Cobro de Peaje***

* *Entidad bajo tuición del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda.*
***Conservación vial preventiva, correctiva o incidental.*
****El cobro de peaje es realizado por el estado. No existen concesiones a privados.*

Fuente: Elaboración propia

En relación a las inversiones, es importante precisar que existen proyectos viales en los cuales participan los diversos niveles. Por ejemplo, la Doble Vía de El Alto hasta Desaguadero (Frontera con Perú), proyecto que implicará la inversión del gobierno nacional en un 80% y el Gobierno Autónomo Departamental de La Paz correrá con el 20% restante.

Las principales autopistas en el país son: Autopista La Paz – El Alto y Autopista Santa Cruz – Warnes. Ambas pertenecen a la Red Vial Fundamental.

El cobro de peaje es competencia privativa de los Gobiernos Autónomos Departamentales en las vías departamentales. Por otra parte "Vías Bolivia" es la entidad bajo tuición del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, cuya labor es ejercer sus funciones en todo el territorio nacional y su

[12] Red Vial Fundamental (RVF): Aquella formada por: 1) Las vías que vinculan las ciudades capitales de los departamentos y 2) Permiten la vinculación de carácter internacional, conectándose con las carreteras principales existentes de los países limítrofes.

competencia se circunscribe a la administración del peaje, pesaje, control de pesos y dimensiones en la Red Vial Fundamental.

10.9. Ley 441 de control de pesos y dimensiones de vehículos en la Red Vial Fundamental

Esta ley promulgada en noviembre de 2013, consta de 36 artículos e incluye como anexo los tipos de vehículos de mercancías y de pasajeros habilitados para circular por las vías que conforman la Red Vial Fundamental. Establece la obligatoriedad de que todos los vehículos se detengan para los procesos de control. Fija máximos en temas de longitudes y anchos, así como máximos en temas de peso, según el tipo de vehículo determinado. Nótese que estos máximos se relacionan también con la Decisión 491 de la Comunidad Andina, que regula los pesos y dimensiones de los vehículos dedicados al transporte internacional de pasajeros y mercancías por carretera.

10.10. Ley General de Ferrocarriles (1910)

En la Ley General de Ferrocarriles del año 1910, se identificó lo siguiente:

- Art. 1: Podrá constituir y explotar líneas férreas en el territorio nacional, el Estado, las Municipalidades, las empresas nacionales ó extranjeras y los particulares.
- Art. 2: Todo ferrocarril construido ó que se construyere dentro del territorio de la república, tendrá carácter nacional.
- Art. 3: Ningún ferrocarril destinado al servicio público, podrá ser construido sin previa autorización del Poder Legislativo. Para los estudios preliminares bastará la autorización del Gobierno la que tendrá carácter provisional.
- Art. 4: La trocha de los ferrocarriles que se construyan, será la de un metro, salvando los casos de conexión con los existentes, ó con los que estén en construcción.
- Art. 5: Todos los ferrocarriles construidos o explotados en territorio boliviano, estará sujetos a las prescripciones de la presente ley y a las que se dictaren en lo sucesivo.
- Art. 18: Se declara de necesidad y utilidad pública toda obra ferrocarrilera destinada al servicio público, debiendo gozar, por consiguiente todos los privilegios que las leyes conceden para ese caso; pudiendo expropiar para la vía y sus dependencias los terrenos que sean necesarios, sean municipales, de dominio privado o de comunidades de indígenas, con

arreglo a las leyes del caso. Las propiedades que deban expropiarse se marcarán detalladamente en los planos respectivos.

- Art. 21: Es prohibido hacer construcciones particulares que puedan dificultar el tráfico o la solides de la vía.

10.11. Los gobiernos subnacionales tienen competencia sobre la movilidad urbana y el transporte en sus jurisdicciones

En función a todo lo descrito sobre las competencias, se concluye que los entes llamados a promover la movilidad urbana sostenible son principalmente los municipios a través de sus gobiernos autónomos en el marco de la Constitución Política del Estado y la Ley Marco de Autonomías. Los gobiernos autónomos municipales tienen, en su jurisdicción, la competencia exclusiva sobre el transporte urbano, registro de propiedad automotor, ordenamiento y educación vial, administración y control del tránsito urbano, ordenamiento territorial y uso de suelo, lo cual puede promover proyectos en esos ámbitos, lo cual incluye la planificación, la implementación y la conservación de la infraestructura vial.

Se aclara que si existiesen proyectos cuyo ámbito de acción trascendiera la jurisdicción de un municipio, se deben coordinar las acciones para su planificación, gestión e implementación, con el Gobierno Autónomo Departamental correspondiente. Ello significa que en el Departamento de Santa Cruz el GADSC tiene la competencia de definir estrategias, políticas. Planes y proyectos en todo el departamento en el sector transporte.

10.11.1. Estatuto Autonómico del Departamento de Santa Cruz

En el Estatuto Autonómico Departamental se identificó lo siguiente:

Art. 5: Competencias vinculadas a los derechos

5) A la movilidad y al libre tránsito. El Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz facilitará el ejercicio de estos derechos regulando, planificando y ejecutando las infraestructuras viales, ferroviarias, fluviales y aeroportuarias. Asimismo, ordenará las diversas modalidades de transporte en la jurisdicción departamental velando por la seguridad y procurando su accesibilidad para todas las personas.

Art. 52: Infraestructura y Transporte

Parágrafo I, numeral (2): Líneas férreas y ferrocarriles en el departamento de acuerdo a las políticas estatales, interviniendo en los de las Red fundamental en coordinación con el nivel central del Estado.

Parágrafo II: El Gobierno Autónomo del Departamento de Santa Cruz, normará, regulará y fiscalizará los servicios de transporte terrestre, fluvial, ferroviario, aéreo y otros medios de transporte interprovincial e intermunicipal, así como el control de cargas, pesos y medidas referidas al transporte de carga y pasajeros, velando por la existencia de un sistema de transporte eficiente y eficaz, que genere beneficios a los usuarios y a los operadores de la actividad en el Departamento

Art. 82: Servicio de Transporte Departamental

Parágrafo I: El Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz, promoverá, regulará y fiscalizará los Servicios de Transporte terrestre, fluvial, ferroviario, aéreo y otros medios de transporte interprovincial e intermunicipal, controlando que la prestación de los mismos sea eficiente y eficaz para los usuarios dentro de la jurisdicción del Departamento.

10.11.2. Ley No. 96 - Ley autonómica departamental de transporte terrestre de Santa Cruz

La norma marco a nivel departamental que rige el transporte terrestre en el Departamento de Santa Cruz es la Ley 96, promulgada en mayo de 2015. Esta ley de 99 artículos señala la competencia exclusiva del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz para planificar, diseñar, construir, mantener y administrar la infraestructura de las carreteras que hacen parte de la red departamental de caminos. De la misma manera, es de su competencia, el diseñar, construir y administrar las terminales terrestres y/o paradas de las unidades de transporte interprovincial e intermunicipal, de manera directa o mediante concesión a terceros.

Esta norma en sus artículos 8 y 9 determina:

ARTÍCULO 8 (INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE).- La infraestructura en el sector transporte en su modalidad terrestre, y las necesarias para la logística está comprendida por las vías de comunicación, obras civiles, equipamiento e instalaciones para los servicios de transporte.

ARTÍCULO 9 (COMPETENCIA EN INFRAESTRUCTURA).-

I. El Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz tiene competencia exclusiva para planificar, diseñar, construir, mantener y administrar la infraestructura relacionada al servicio

público de transporte terrestre, incluyendo las carreteras de la Red Departamental, interviniendo en la Red Fundamental en defecto del nivel central del Estado, conforme a la normativa establecida por éste.

II. Las atribuciones a ser desarrolladas por el Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz, en el marco de su competencia exclusiva en materia de infraestructura afectada al servicio público de transporte son, con carácter enunciativo y no limitativo, las siguientes:

1) Formular y aprobar políticas departamentales de infraestructura relacionada al servicio público de transporte terrestre, interprovincial e intermunicipal.

2) Administrar el cobro del peaje, así como el control de pesos y dimensiones en las carreteras de la Red Departamental, de manera directa o mediante concesión a terceros.

3) Realizar la clasificación de las carreteras dentro de la red departamental, vecinal y comunitaria en el departamento.

4) Coadyuvar en la planificación de obras de infraestructura de caminos en la jurisdicción de los demás niveles de gobiernos existentes al interior del departamento.

5) Planificar, diseñar, construir y mantener las carreteras de la Red Departamental, interviniendo en la Red Fundamental en defecto del nivel central del Estado, conforme a las normas establecidas por éste.

6) Diseñar, construir y administrar las terminales terrestres y/o paradas de las unidades de transporte interprovincial e intermunicipal, de manera directa o mediante concesión a terceros.

7) Coordinar con el nivel central del Estado y las entidades territoriales autónomas al interior del departamento, el desarrollo de infraestructura relacionada al servicio público de transporte terrestre.

La ley define los tipos de operadores de transporte, así como los aspectos tales como los permisos que se les otorga para brindar el servicio de transporte. La norma se centra en el transporte de pasajeros, aunque tiene algunas disposiciones sobre el transporte de mercancías, las cuales en el caso de ser peligrosas estarán sujetas a normas del nivel central de estado y/o normas de transporte internacional[13] del que el país sea adherente.

[13] En materia de transporte internacional terrestre, Bolivia como Estado Miembro de la Comunidad Andina, aplica las decisiones y resoluciones andinas que regulan el transporte internacional de pasajeros y mercancías por carretera. Por otra parte, Bolivia también es miembro adherente del Acuerdo sobre el Transporte Internacional Terrestre (ATIT), cuyas normas también aplican.

Por otra parte, es de interés manifestar que la Ley 121 de julio de 2016 modifica a la Ley 96, en lo referido a establecer nuevos parámetros de cobro para la Tasa de Regulación de Transporte, así como la creación de tasas no contempladas en dicha norma.

10.11.3. Decreto Reglamentario No. 319 – Reglamento de la Ley de Departamental de Transporte Terrestre

Este reglamento que data de septiembre del año 2020, cuenta con 132 artículos. Los aspectos que regula son: a) Planificación, autorización, sistema informático de registro, requisitos, procedimientos y clasificación de transporte; b) Operaciones generales de transporte; c) Sujetos del transporte; d) Infraestructura de Transporte (En el que clasifican las terminales terrestres públicas, privadas y mixtas); e) Seguridad Operacional; f) Régimen Sancionatorio; g) Tasas de regulación (Incluyendo tarifas oficiales de referencia); y h) Consejos de coordinación de transporte.

Se destaca que este reglamento determina los requisitos, derechos, obligaciones y sanciones de los operadores del servicio de transporte interprovincial e intermunicipal, emitiendo autorizaciones de operaciones de transporte. Regula también las rutas, los itinerarios y las tarifas de los servicios de transporte, normando de la misma manera, al parque automotor, determinando capacidades mínimas y parámetros de calidad, exigiendo además que los operadores de transporte tengan planes definidos de contingencias. En cuanto a la infraestructura, la norma regula a las terminales terrestres privadas, públicas y mixtas.

10.11.4. Ley No. 1216 - Ley autonómica municipal general de movilidad urbana, sostenible y segura

Esta norma municipal es una de las más completas del país, en razón a que el espíritu de la norma es integral, por otra parte; se destaca que esta ley considera a la movilidad urbana como el concepto general, en el cual se circunscribe el transporte. Esta norma fue promulgada en el año 2019 y es la norma macro que regula el sector en el municipio de Santa Cruz de la Sierra, regulando todos los modos de transporte y la movilidad urbana, bajo los principios de: 1) Transparencia; 2) Presunción de Legalidad y Legitimidad; 3) Fomento de medios transporte sostenible; 4) Accesibilidad; 5) Calidad; 6) Seguridad; 7) Continuidad; 8) Universalidad; 9) Resiliencia; y 10) Trato preferente.

La norma establece la conformación del Comité Técnico Consultivo de Movilidad, que es un ente presidido por el Alcalde Municipal y que se compone de 17 miembros, que son representantes del GAMSC, la academia, de entidades de profesionales y del sector

transporte. Las funciones del comité son: a) Asesorar sobre aspectos técnicos relativos a la movilidad urbana; b) Recomendar soluciones y proyectos que promuevan la eficiencia de la movilidad y la seguridad vial; c) Emitir opiniones y propuestas de medidas, acciones y aplicación de políticas de movilidad urbana; y d) Analizar propuestas técnicas y proyectos en materia de movilidad urbana, presentados por el ejecutivo municipal y/ o iniciativa ciudadana. Se destaca que la ley establece la necesidad de crear un Plan de Movilidad Urbana integral, Sostenible y Segura.

10.11.5. Decreto Municipal 08/2023 - Reglamento de la Ley Autonómica Municipal General de Movilidad Urbana, Sostenible y Segura

Este reglamento de reciente promulgación, cuenta con 282 artículos, que vuelve operativa a la Ley 1216. Reglamenta los siguientes aspectos: a) Señalización vial; b) Semaforización y tecnología Vial; c) Uso, diseño, construcción y señalización de ciclovías; d) Seguridad y Educación Vial; e) Regulación del tráfico vial; f) Sistema de tránsito y transporte urbano, medio ambiente y la movilidad sostenible y uso de energías limpias y renovables; g) Modelo de la operación y control del tráfico municipal; h) requisitos, registro, procedimiento para la autorización de la operación de los servicios de transporte público y de transporte privado regulado; i) Paradas, requisitos y procedimiento para la certificación de autorización de paradas momentáneas y temporales; j) Cambios de servicio, rutas, parque automotor e incentivos; k) Control y fiscalización, sujetos del transporte, condiciones de seguridad y régimen tarifario; y l) Régimen Sancionatorio.

10.11.6. Leyes municipales que regulan el transporte en los municipios de la Región Metropolitana de Santa Cruz y en el municipio de Montero

A nivel municipal, los municipios han podido definir normas que regulan el transporte. En general, se trata de leyes específicas, en el caso de los municipios de Cotoca y Porongo, sólo existen ordenanzas municipales.

Cuadro No 18 Leyes de transporte en los municipios de la RMSC y Montero

Gobierno Municipal	Nombre de la normativa	Año de la promulgación
Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra (GAMSCS)	Ley No. 1216 Autonómica Municipal general de movilidad urbana, sostenible y segura	Octubre de 2019
Gobierno Autónomo Municipal de Cotoca (GAMC)[14]	Ordenanza municipal	-
Gobierno Autónomo Municipal de Porongo (GAMP)	Ley municipal de transporte	2023

[14] Se conoce que el GAMC tiene un proyecto de ley de transporte, el cual todavía no se encuentra vigente.

Gobierno Autónomo Municipal de La Guardia (GAMLG)	Ley No. 149 Autonómica Municipal de Transporte y Tránsito Urbano	Mayo de 2019
Gobierno Autónomo Municipal de El Torno (GAMET)	Ley N°176 de Tránsito y Transporte	Septiembre de 2017
Gobierno Autónomo Municipal de Warnes (GAMW)	Ley N°058 Municipal de Transporte	Marzo de 2017
Gobierno Autónomo Municipal de Montero (GAMM)	Ley Integral del Transporte del Municipio de Montero	Julio de 2023

Fuente: Elaboración propia

10.12. Programa Nacional Sectorial de transporte (PLANAST)

La ley 165 define que el gobierno nacional debe desarrollar el Plan Nacional Sectorial de Transporte considerando la transversalidad del Sistema de Transporte Integral y la planificación integral del Estado Plurinacional de Bolivia.

10.13. Programas Departamentales de transporte (PRODET)

La ley 165 define que los gobiernos autónomos departamentales, deberán elaborar el Programa Departamental de Transporte – PRODET, por periodos de cinco (5) años. Asimismo, compatibilizará y articulará dentro del Plan de Desarrollo Departamental Económico y Social, los objetivos planteados en el Plan Nacional Sectorial de Transporte – PLANAST.

Dando cumplimiento al parágrafo IV del Artículo 96 de la Ley Marco de Autonomías y Descentralización, el Programa Departamental de Transporte deberá incorporar los programas y proyectos de transporte presentados por los gobiernos autónomos municipales con población menor a 5.000 habitantes, en el marco de las competencias concurrentes establecidas en la presente norma.

10.14. Programas Municipales de transporte (PROMUT)

La planificación de la movilidad en los municipios se realiza, en general, a través de instrumentos de planificación sectorial que cuentan con metodologías específicas para alcanzar objetivos muy concretos para los dos ejes centrales de la movilidad en la ciudad: la gestión del espacio público y la implementación del transporte sostenible. Estos instrumentos, a su vez, son documentos de planificación estratégica debido a su naturaleza multisectorial, al impacto en el desarrollo de las ciudades a largo plazo y a las implicaciones de las múltiples dimensiones de la movilidad.

En general se conocen a los Planes de Movilidad Urbana Sostenible como los instrumentos de planificación del sector, no obstante de ello; en Bolivia de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Transporte Nº 165, se denominan Programas Municipales de Transporte (PROMUT). La promulgación de dicha ley inició las reformas del sector transporte, en general, y del sector del transporte urbano, en particular. La ley establece los fundamentos para las políticas de transporte en el territorio nacional y prevé la elaboración de diversos instrumentos de planificación en los diferentes ámbitos estatales (gobierno nacional, gobiernos autónomos departamentales y gobiernos autónomos municipales).

La normativa establece que los gobiernos autónomos municipales tienen el mandato para la elaboración del PROMUT, el cual es de carácter obligatorio para los municipios del país con una población mayor a 5.000 habitantes y es "un instrumento de carácter vinculante[15] para la obtención de recursos económicos del gobierno nacional para el desarrollo del sector transporte". El objetivo general del PROMUT consiste en desarrollar políticas especiales para el transporte sostenible, uso y acceso al espacio público, así como acciones específicas a desarrollar en un horizonte temporal de 5 años de acuerdo con la normativa vigente, ello quiere decir que se puede entender al PROMUT como un instrumento de planificación y un programa referencial de inversión plurianual.

El contenido de un PROMUT, típicamente contiene un diagnóstico de la movilidad urbana del municipio, sobre las cuales se proponen estrategias y medidas en pos de lograr una movilidad urbana sostenible, identificando además proyectos estratégicos, idealmente con un presupuesto referencial. Si comparamos al PROMUT con instrumentos de planificación de otros países, podemos decir que es una especie de *SMUP*[16], pero con proyectos identificados y cuantificados, es decir; en lugar de ser un plan, es un programa, que contiene proyectos.

En el caso del municipio de Santa Cruz de la Sierra, en lugar de un PROMUT, se elaboró el Plan Maestro de Movilidad Sostenible y Segura. Por otra parte, se cuenta con el Plan Maestro para la mejora del transporte en el Área Metropolitana de Santa Cruz, ambos documentos se los describe a continuación.

[15] *"Un instrumento de carácter vinculante para la obtención de recursos económicos del gobierno nacional para el desarrollo del sector transporte"*: La Ley 165 incluyó dicha redacción para incentivar a que los gobiernos autónomos municipales planificaran un sector tan relevante para el desarrollo municipal, como es el caso del transporte. Sin perjuicio de ello, han sido pocos los municipios que han efectivamente elaborado un PROMUT. La gran mayoría no elaboró nunca un PROMUT y en otros casos, los PROMUT elaborados datan de hace más de 5 años, por lo tanto, no están vigentes.

[16] SMUP: Plan de Movilidad Urbana Sostenible

10.14.1. Plan Maestro para la mejora del Transporte en el Área Metropolitana de Santa Cruz

El Plan Maestro para la Mejora del Transporte en el Área Metropolitana de Santa Cruz es un plan maestro integral de movilidad urbana sostenible para el Área Metropolitana de Santa Cruz, teniendo como año objetivo el 2035. Fue elaborado como producto de un proyecto financiado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en el periodo de marzo de 2016 a diciembre de 2017, en coordinación con el Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz y los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Cotoca, Porongo, La Guardia, El Torno y Warnes, en base al acuerdo firmado el 14 de diciembre de 2015. Estos municipios participaron en el proyecto a través de un grupo técnico de trabajo del sector del transporte.

Se realizó una encuesta detallada, cuyo tamaño de muestra ascendió a 16,000 hogares en total, para analizar las características de los viajes en el área metropolitana y desarrollar el modelo de la previsión de la demanda de viajes. El Proyecto también llevó a cabo otros 10 estudios de tráfico, analizando los patrones de la movilidad en los municipios estudiados, con una amplia gama de resultados y variables analizadas.

El objetivo del Plan Maestro de JICA fue el de mejorar las condiciones de transporte en el Área Metropolitana de Santa Cruz. El Plan Maestro enfoca su estudio en dos componentes principales que son: i) Plan Maestro para el Área Metropolitana; y ii) Plan Maestro para el Área Central de Santa Cruz de la Sierra.

Los contenidos de este plan maestro son: a) Diagnóstico de la situación actual; b) Visión, objetivos generales, objetivos específicos, y metas; c) Estructura regional y urbana; d) Políticas, planes y proyectos de carreteras arteriales y carreteras municipales; e) Políticas, planes y proyectos para el sistema de transporte público; f) Políticas, planes y proyectos para la gestión del tráfico; g) Políticas, planes y proyectos para el transporte no motorizado; h) Marco socioeconómico a nivel del área de tráfico; y i) Análisis de la demanda y previsión de la demanda futura de tráfico vial y transporte público.

Este documento de planificación es el más referenciado y considerado como el más importante, el cual además se utiliza como base para todos los demás estudios que se hicieron de manera posterior.

10.14.2. Plan de Movilidad Urbana Sostenible y Segura

En relación a los apartados precedentes, en el caso del municipio de Santa Cruz de la Sierra, en aplicación a lo establecido en la Ley 1216, la Secretaría Municipal de Movilidad Urbana (SEMURB) elaboró el 2019 el Plan de Movilidad Urbana Sostenible y Segura (PMUSS). Este

plan utiliza en prácticamente todo su contenido los datos y resultados del Plan Maestro de JICA, ampliando alguna información con datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y fuentes propias.

Lo relevante del PMUSS es que define 4 pilares: 1) Movilidad Segura e informativa; 2) Movilidad eficiente y competitiva; 3) Movilidad sostenible; y 4) Movilidad equitativa y universal. Cada pilar tiene objetivos estratégicos.

El primer pilar sobre Movilidad Segura e informativa, propone como objetivos estratégicos: i) Mejoras en la educación vial; y ii) Mejoras en la seguridad vial. El segundo pilar sobre Movilidad eficiente y competitiva, propone como objetivos estratégicos: i) Mejoras en la administración y gestión del tráfico; y ii) Desarrollo Orientado al Transporte. El tercer pilar sobre Movilidad sostenible, propone como objetivos estratégicos: i) Mejoras en el marco legal y administrativo; y ii) Mejoras en la infraestructura no motorizada. Finalmente, en el cuarto pilar sobre Movilidad equitativa y universal, propone como objetivos estratégicos: i) Mejoras en el sistema de transporte público; ii) Mejoras en la infraestructura vial urbana.

El PMUSS presenta los siguientes proyectos priorizados dentro del corto y mediano plazo:

- Elaboración y aplicación de la Ley Municipal de Movilidad
- Modificación de Canales de Transporte Público.
- Ciclo Vías Integradas y Bicicleta Pública.
- Sistema de Parqueos Rotativos D-11.
- Sistema de Vías Reservadas para Buses (Fase 1).
- Implementación de Intercambiadores Modales
- Sistema de Detección Electrónica de Infracciones de Tráfico (SEDIT)
- Educación Vial

10.15. Disposiciones relativas a la Región Metropolitana

El aspecto central de la región metropolitana es la promulgación de la Ley Departamental 187 de creación y regulación de la Región Metropolitana “Santa Cruz Metrópoli” en enero de 2020 y del Decreto Departamental Nro. 382, de designación del Vicegobernador del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz como Autoridad Responsable de la Instancia Departamental de Asuntos Metropolitanos (IDAM) en mayo del 2022, dan inicio a un proceso de planificación Metropolitana que de manera concertada, holística e integral está siendo llevada por la Gobernación con participación de la institucionalidad pública, privada, local, nacional, de la cooperación internacional y la sociedad civil organizada.

Todo ello va en línea de igual manera con el Plan Territorial de Desarrollo Integral para el Vivir Bien del Departamento de Santa Cruz 2021-2025.

10.16. Instancia Departamental de Asuntos Metropolitanos

Creada mediante Ley Departamental N°187 de Creación y Regulación de la Región Metropolitana "Santa Cruz Metrópoli", la Instancia Departamental de Asuntos Metropolitanos (IDAM) es un órgano de gestión encargado de coordinar y concretar acciones entre los Municipios integrantes de la RMSCZ, las Comisiones técnicas especializadas y las entidades públicas y privadas involucradas en temas de planificación, desarrollo urbano y servicios públicos dentro la RMSCZ.

Las acciones promovidas por esta Instancia se enfocan en fomentar la integración y el desarrollo equilibrado de los Municipios que conforman la RMSCZ, a través de la formulación de políticas y planes de acción conjuntos, buscando la eficiencia en la prestación de servicio y la utilización adecuada de los recursos disponibles para mejorar la calidad de vida de las bolivianas y bolivianos que habitan en la RMSCZ.

En el marco del artículo 18° de la Ley Departamental N°187, el 19 de mayo de 2022 a través del Decreto Departamental N°382, se designa al Vicegobernador del Gobierno Autónomo Departa- mental de Santa Cruz, como Autoridad responsable de la IDAM.

El cargo de Vicegobernador del Departamento de Santa Cruz es desempeñado por el Arquitecto Mario Aguilera Cirbian, quien de manera oportuna es uno de los precursores de la temática Metropolitana en Bolivia e impulsor de la Planificación Metropolitana en Santa Cruz, en la actualidad funge como autoridad responsable de la IDAM y se encuentra despeñando un rol fundamental en la coordinación y gestión entre los todos niveles de Gobierno, la Institucionalidad Cruceña y la sociedad organizada, promoviendo el desarrollo sostenible a través de la consolidación del proyecto “Santa Cruz Metrópolis”.

10.16.1. Marco Normativo de la IDAM

La Instancia Departamental de Asuntos Metropolita- nos (IDAM) basa su trabajo en la normativa vigente del Estado Plurinacional de Bolivia, que comprende la Constitución Política del Estado, la Ley Marco de Autonomías y Descentralización Andrés Ibáñez y el Estatuto Autonómico Departamental de Santa Cruz, que establecen los principios y competencias para el desarrollo autonómico y descentralizado.

La normativa específica de la Región Metropolitana de Santa Cruz inicia el año 2015, mediante la promulgación de la Ley Departamental N°110 “LEY QUE DECLARA LA CREACIÓN DE LA REGIÓN METRO- POLITANA DE SANTA CRUZ COMO UNA NECESIDAD

DEPARTAMENTAL”, que tiene como objeto declarar como necesidad departamental la creación de la Región Metropolitana de Santa Cruz, que abarca los Municipios de Santa Cruz de la Sierra, Porongo, La Guardia, Cotoca, El Torno, Warnes.

En el año 2020, se crea la Ley Departamental N°187 “LEY DEPARTAMENTAL DE CREACIÓN Y REGULACIÓN DE LA REGIÓN METROPOLITANA SANTA CRUZ

METRÓPOLI”, que tiene como objeto crear la Región Metropolitana “Santa Cruz Metrópoli”, conformar su Consejo Metropolitano como órgano superior de decisión y coordinación para la administración metropolitana; y establecer otros mecanismos e instancias de planificación, financiamiento, servicios y gestión metropolitana.

El 19 de mayo del año 2022, en el marco de la Ley Departamental N°187, “Ley Departamental De Creación y RMSC mediante Decreto Departamental N° 382, se designa al Vicegobernador del Departamento de Santa Cruz, como autoridad responsable de la IDAM. Debiendo cumplir con las atribuciones establecidas en el artículo Nº 19 de la Ley Departamental N° 187. Es así que la IDAM, se ha consolidado a paso firme para trabajar de manera coordinada con las instituciones públicas y privadas en pro del desarrollo y sostenibilidad de la Región Metropolitana de Santa Cruz.

10.16.2. Atribuciones

El artículo Nº19 de la Ley Departamental Nº187 establece las siguientes atribuciones de la Instancia Departamental de Asuntos Metropolitanos:

1. Brindar apoyo administrativo y logístico al Consejo Metropolitano.
2. Dar asesoramiento técnico y legal a los integrantes del Consejo Metropolitano.
3. Elaborar informes que les sean solicitados.
4. Llevar el registro de las sesiones y decisiones del Consejo Metropolitano.
5. Coordinar con las Comisiones Técnicas que se conformen para temas específicos y realizar el seguimiento del trabajo que desarrollen.
6. Realizar el control y seguimiento a los planes, programas y/o proyectos metropolitanos.
7. Gestionar la captación de recursos para el desarrollo metropolitano.
8. Participar en la socialización de planes, programas o proyectos metropolitanos.
9. Participar de los directorios de las empresas metropolitanas y/o entidades descentralizadas metropolitanas.

10. Elaborar el plan operativo anual referencial y presupuesto referencial de la región metropolitana y remitirlo al Consejo Metropolitano.
11. Coordinar con las diferentes secretarías de la Gobernación, los trabajos, planes, programas y/o proyectos previstos para la región metropolitana.
12. Coordinar con el nivel central del Estado y los Gobiernos Autónomos Municipales en asuntos que corresponden a la región metropolitana.
13. Proponer y realizar los estudios de factibilidad y viabilidad para la creación de empresas metropolitanas u otras entidades desconcentradas y/o descentralizadas para la región metropolitana.
14. Elaborar la Estrategia de Desarrollo Integral, conjuntamente con los Gobiernos Autónomos Municipales que forman parte de la región metropolitana.
15. Otras establecidas mediante normativa departamental expresa.

10.17. Actores estatales relevantes

Con el fin de entender la relación entre los diferentes actores del sector transporte se describen a continuación a los actores relevantes de los diferentes niveles de gobierno.

10.17.1. A nivel nacional

En función a lo descrito, se subrayan los actores estatales más importantes de a nivel nacional.

Cuadro No 19 Actores estatales del nivel nacional

Entidad	Dependencia	Responsabilidades
Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE)	Ministerio de Planificación del Desarrollo	Es el ente rector del Sistema Estatal de Inversión y Financiamiento para el Desarrollo (SEIF-D). Tiene entre sus atribuciones: diseñar las políticas de inversión y financiamiento para el desarrollo, establecer y mejorar los instrumentos normativos y técnicos metodológicos del SEIF-D, realizar el seguimiento y evaluación del Presupuesto de Inversión Pública, así como de los convenios de financiamiento externo y administrar los Sistemas de Información de Inversión Pública y Financiamiento Externo.
Viceministerio de Transportes (VMT)	Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda	Entidad cabeza del sector encargada de ejecutar las políticas y estrategias del sector transportes de conformidad con el PGDES. La entidad debe proponer políticas, reglamentos e instructivas para promover y regular el desarrollo del transporte en sus diferentes modos. En materia de transporte ferroviario, el VMT tiene entre sus dependencias a la Unidad Técnica de Ferrocarriles (UTF), que es la unidad encargada de todos los proyectos ferroviarios en el país.

Empresa Nacional de Ferrocarriles	Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda	Se trata de la empres residual encargada de administrar el patrimonio sobrante de la empresa en todo el territorio nacional.
Registro Único de para la Administración Tributaria Municipal (RUAT)	Ministerio de Economía y Finanzas Públicas	Institución pública descentralizada cuya función es implementar un sistema conectado en línea que permita integrar a todas aquellas instituciones que forman parte del RUAT y que están directamente relacionadas con el registro de Vehículos Automotores, Bienes Inmuebles, Actividades Económicas, Tasas y Otros Ingresos.
Policía Boliviana	Ministerio de Gobierno	En función al código de tránsito, la Policía Boliviana ejerce controles de tránsito, tales como el respeto a las normas de circulación establecida, las licencias de conducir, etc. Es también la entidad que se encarga de la Inspección Técnica Vehicular de todo el parque vehicular del país.
Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VEEA)[17]	Ministerio de Hidrocarburos y Energías	Ente que se encuentra promoviendo la movilidad eléctrica en Bolivia, articulando los esfuerzos con la Autoridad de Electricidad y Tecnología Nuclear – AET para definir las tarifas de los sistemas de recarga, los reglamentos y requisitos que deben cumplir las instalaciones de recarga de vehículos eléctricos, y los requisitos para la comercialización.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, son diferentes los actores del nivel nacional que se encargan del sector transporte. Se destaca entre todos el Viceministerio de Transportes, por ser la entidad cabeza de sector. El Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE) es muy importante porque todos los proyectos financiados por fuentes externas pasan por su aprobación y seguimiento. Es recomendable que los organismos internacionales coordinen en primer término con este Viceministerio de manera inicial para cualquier plan, programa o proyecto que le interese financiar.

Viceministerio de Transportes

El VMT está conformado por 2 direcciones generales, La Dirección General de Transporte Terrestre, Fluvial y Lacustre tiene dos unidades. La Unidad de Servicios a los operadores, que registra y otorga soporte a los transportistas que brindan el servicio de transporte internacional de pasajeros y mercancías por carretera. La Unidad de Gestión de Proyectos, define y lidera el desarrollo de programas y proyectos que vayan en línea con el PDES. La Dirección General de Transporte Aéreo debe planificar, proponer y establecer políticas de transporte aéreo. Existen dos unidades técnicas, una dedicada al transporte ferroviario, otra a los aeropuertos. También existe un Programa de

[17] Se encuentra trabajando con GIZ en el desarrollo de la Estrategia Nacional de la Movilidad Eléctrica, la cual se espera que esté lista en octubre del 2023. Hasta la fecha, la movilidad eléctrica en el país no se ha desarrollado como en otros países. La principal barrera es la infraestructura, contando con un reducido número de electro-lineras a escala nacional. Sin perjuicio de ello, algunas empresas privadas (ej. MOBI o Quantum) están incursionando en la electro-movilidad.

Desarrollo Aeroportuario que es un ente creado específicamente para ser la contraparte de créditos del BID para el desarrollo de aeropuertos a escala nacional. El VMT tiene un presupuesto asignado para el desarrollo, evaluación y gestión de estudios y en muchos casos puede solicitar recursos del MOPSV para ello.

El VMT no cuenta con ninguna dependencia cuya responsabilidad sea la de planificar y regular la movilidad urbana, ni la movilidad no motorizada, ni el transporte público integrado.

10.17.2. A nivel sub nacional

A nivel regional, es decir; a nivel de los departamentos, son los Gobiernos Autónomos Departamentales a través de sus secretarías asignadas, los que tienen la competencia de regular el sector del transporte en su jurisdicción. En el departamento de Santa Cruz las instancias responsables son las siguientes.

Cuadro No 20 Órgano Municipal responsable del sector transporte en el Departamento de Santa Cruz

Entidad	Instancia encargada del sector
Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz (GADSC)	Servicio Departamental de Transporte Terrestre

Fuente: Elaboración propia

A nivel local, es decir; a nivel municipal, son los Gobiernos Autónomos Municipales a través de sus secretarías, los que tienen la competencia de regular el sector del transporte en su jurisdicción. A continuación, se muestran las entidades responsables del sector en Santa Cruz. Nótese que en algunos casos existen secretarías específicas de transporte, en otros casos, son direcciones dependientes de otras secretarías.

Cuadro No 21 Órgano Municipal responsable del sector transporte en la Región Metropolitana de Santa Cruz y Montero

Gobierno Municipal	Secretaria encargada del sector	Dirección o jefatura
Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra (GAMSCS)	Secretaría Municipal de Tránsito y Transporte	
Gobierno Autónomo Municipal de Cotoca (GAMC)	Secretaría Municipal de Medio Ambiente	Dirección de Tráfico y Transporte

Gobierno Autónomo Municipal de Porongo (GAMP)	Secretaría Municipal de Planificación Territorial	Dirección de Tráfico y Transporte
Gobierno Autónomo Municipal de La Guardia (GAMLG)	Secretaría Municipal de Medio Ambiente y Planificación	Autoridad Municipal de Transporte y Tránsito Urbano
Gobierno Autónomo Municipal de El Torno (GAMET)	Secretaría Municipal de Planificación	Autoridad Municipal de Transporte y Tránsito
Gobierno Autónomo Municipal de Warnes (GAMW)	Secretaría Municipal General	Dirección de Tráfico y Transporte
Gobierno Autónomo Municipal de Montero (GAMM)	Secretaría Municipal de Medio Ambiente y Servicios	Dirección de Vialidad y Transporte

Fuente: Elaboración propia

Como se constata a lo largo de este análisis, los proyectos de transporte y movilidad urbana pueden provenir de cualquier actor. Sin embargo, en los últimos años, los grandes proyectos que se han materializado, fueron iniciados y gestionados por el gobierno nacional. La coordinación entre los diferentes niveles de gobierno depende en gran medida de las alianzas políticas que se tengan. Es frecuente identificar proyectos que son iniciados por los gobiernos subnacionales cuyas administraciones son de partidos políticos antagónicos al partido político del gobierno nacional, que no pueden avanzar debido a la falta de apoyo en todo el ciclo del proyecto.

10.18. Planes, estrategias y políticas en el sector transporte

A pesar del marco legal y competencial descritos en los apartados precedentes, en los últimos 12 años, el gobierno nacional ha incursionado en el desarrollo de proyectos de transporte público urbano de envergadura, en las ciudades de La Paz, El Alto y Cochabamba. Paralelamente, a nivel local, las principales ciudades del país han venido impulsado planes y proyectos relacionados con la movilidad urbana.

10.18.1. Proyectos impulsados por el Gobierno Nacional

En Bolivia no existe una unidad encargada de los proyectos de Alianza Público-Privada (APP). Las obras se financian con fondos públicos, ya sea utilizando recursos propios u obteniendo créditos externos. A pesar de que prima el régimen autonómico, el gobierno nacional administra un presupuesto muy superior al que manejan los gobiernos autónomos departamentales y los gobiernos autónomos municipales. En línea con ello y al margen de las competencias descritas sobre la movilidad urbana en los apartados precedentes, los proyectos más importantes desarrollados por parte del gobierno nacional fueron: a) Sistema de transporte por cable entre La Paz y El Alto; y b) Tren Metropolitano de Cochabamba. Nótese que a la fecha no existe un proyecto de envergadura den materia de transporte para el Departamento de Santa Cruz.

Ante esta ausencia de apoyo del gobierno nacional, el Departamento de Santa Cruz debe plantear proyectos para lograr mejorar las condiciones de movilidad y transporte para el beneficio de su creciente población.

10.18.2. Proyectos impulsados desde los gobiernos subnacionales

Al margen de los proyectos de envergadura que promovió y desarrolló el gobierno nacional, algunos gobiernos subnacionales desarrollaron proyectos importantes con el fin de mejorar las condiciones de movilidad urbana y la oferta de nuevos servicios de transporte público de pasajeros.

Recordemos que tal como se mencionó en apartados precedentes, los gobiernos subnacionales tienen la potestad de proponer proyectos, pero estos deben estar alineados con el PDES y los objetivos de desarrollo del país. Deben obtener la prioridad sectorial y el visto bueno del ente cabeza de sector (Viceministerio de Transportes) y ser presentados al Ministerio de Planificación del Desarrollo, para la gestión del financiamiento a través del VIPFE.

10.19. La visión metropolitana

El Ministerio de Planificación del Desarrollo ha venido tratando de promover la visión metropolitana pero sin ningún éxito, por el simple hecho de su enfoque, es decir lo metropolitano no puede ser impuesto “desde arriba hacia abajo”, sino debe nacer desde el nivel local o regional.

En Bolivia, la Región Metropolitana Kanata en el Departamento de Cochabamba fue la primera en su tipo. Sin embargo; la falta de contar con un ente gestor dinámico, el marco competencial bien claro y establecido y la ausencia de recursos para su funcionamiento, la han subsumido en una oficina que funciona como repartición del Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba.

Por otra parte, el programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos Onu-Habitat viene desarrollando desde la gestión 2018, la Política Nacional de Desarrollo de Ciudades (PNDIC), documento que se encuentra terminado hace más de un año y que resta ser aprobado por el ente cabeza de sector que es el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda para que sea un instrumento oficial. Sin perjuicio de ello, la PNDIC desde sus inicios a promovido el denominado “Sistema de Ciudades”, que es estructurar una visión de que cada municipio del país encuentre su “vocación” y su rol en la red de ciudades de Bolivia. Este Sistema de Ciudades tiene a tres actores fundamentales: Las 3 regiones metropolitanas de Bolivia. Por su escala, magnitud, crecimiento demográfico y perspectivas de futuro, la región metropolitana de Santa Cruz es la llamada a liderar este sistema de ciudades, algo que se debe lograr en función a continuar lo ya alcanzado desde el punto de vista normativo y de gestión.

10.20. Normativa específica sobre la infraestructura del transporte ferroviario

El marco jurídico en materia de infraestructuras ferroviarias está regulado por la Ley General de Ferrocarriles, de 3 de octubre de 1910, que otorga el carácter nacional a todo ferrocarril construido o que se vaya a construir dentro del Estado Plurinacional de Bolivia (artículo 2º), estableciendo en su artículo 1º que podrán construir y explotar líneas férreas en el territorio nacional, el Estado, las municipalidades, las empresas nacionales o extranjeras y los particulares.

A los efectos del ámbito de actuación del proyecto, desarrolla algunos aspectos a tener en cuenta; en concreto:

- Privilegios, contemplados en el capítulo III, donde en su Artículo 18 declara de necesidad y utilidad pública toda obra ferrocarrilera destinada al servicio público, debiendo gozar de todos los privilegios que las leyes conceden para ese caso, básicamente las expropiaciones.

- Decreto Supremo nº 06909, de 6 de octubre de 1964, de creación la Empresa Nacional de Ferrocarriles (ENFE) como entidad autárquica de derecho público y personería jurídica propia, para la administración de los ferrocarriles del Estado. Desde su creación, ENFE ha adquirido o consolidado en su favor bienes que actualmente constituyen parte de su patrimonio, en forma independiente de los bienes del Estado entregados para su administración.

- Decreto Supremo Nº23631, de 2 de septiembre de 1993, considera la composición del patrimonio de ENFE formado por el monto resultante del valor de sus vías férreas, maquinarias, acciones, derechos, inmuebles, derechos de vía, equipos rodantes y demás instalaciones ferroviarias.

- Ley Nº1544, de 21 de marzo de 1994. Ley de Capitalización. Establece que los servicios públicos, entre ellos el transporte, corresponden a la jurisdicción nacional y dispone la capitalización de la Empresa Nacional de Ferrocarriles (ENFE).

Bajo el amparo de la mencionada Ley General de Ferrocarriles, la normativa del Derecho de Vía se desarrolla a partir del Decreto Supremo Nº24177, de 8 de diciembre de 1995, donde se consideran los siguientes aspectos:

- Los bienes incluidos dentro del servicio público ferroviario.

- Los bienes incluidos dentro del servicio público ferroviario que forman parte del patrimonio del Estado. Desde su creación, ENFE ha adquirido o consolidado en su favor bienes que

actualmente constituyen parte de su patrimonio, en forma independiente de los bienes del Estado entregados para su administración.

- La transferencia, a título gratuito, de los bienes en propiedad de ENFE, a favor del Estado.
- La obligatoriedad de disponer un inventario para determinar los bienes de ENFE que son propiedad del patrimonio del Estado y de la propia empresa.

Ley 1600 de 28 de octubre de 1994 (Ley SIRESE) crea el Sistema de Regulación Sectorial, cuyo objetivo es regular, controlar y supervisar las actividades de los sectores incorporados al sistema, entre ellos, el sector de transportes. Como partes más destacadas en relación con el ámbito del proyecto, se resumen:

- En el artículo 10 c), se establece que es atribución de los Superintendentes Sectoriales otorgar, modificar y renovar las concesiones, licencias, autorizaciones y registros, y disponer la caducidad o revocatoria de los mismos.
- En el artículo 11, se dispone que las concesiones de servicios públicos y las licencias cuando corresponda, se otorgarán mediante resolución administrativa y a nombre del Estado, por el respectivo Superintendente Sectorial, de acuerdo a las normas legales sectoriales y demás disposiciones legales en vigencia.
- Que es necesario reglamentar la prestación del servicio público ferroviario en el marco legal establecido por la Ley SIRESE

SECCCIÓN 4 – ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE METROPOLITANO

En la presente sección se hace un análisis (utilizando información secundaria) de la demanda de transporte en la Región Metropolitana de Santa Cruz, considerando flujo de ingreso y salida de personas y mercancías. Se tomó en cuenta a los estudios más relevantes elaborados hasta la fecha, los cuales se mencionan a continuación:

- Datos del RUAT publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE).
- Plan Maestro de Transporte para el Área Metropolitana de Santa Cruz, financiado por JICA (2017).

- Estudio Estructuración Técnica, Financiera, Legal, Social y Ambiental para la operación de la Fase 1 del nuevo sistema de transporte Bus Rapid Transit (BRT) en Santa Cruz de la Sierra, de IDOM (2020)
- EDTP del Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y Conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru (2023).
- "Estudio de aforo vehicular en la región metropolitana de Santa Cruz", elaborado por el GADSC (2022).
- Estudio Origen y Destino y Conteo de Pasajeros en la región metropolitana de Santa Cruz, elaborado por el GADSC (2023).

11. DATOS GENERALES DE LA MOVILIDAD URBANA EN BOLIVIA

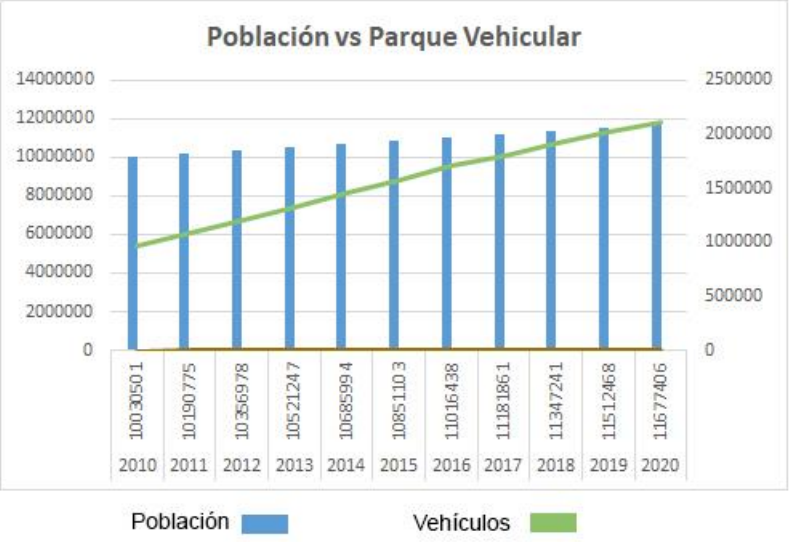
A continuación, se presentan los datos generales de la movilidad en Bolivia. Estos datos se refieren a los siguientes aspectos fundamentales: a) El parque vehicular y su composición; b) La tasa de motorización; c) La partición modal; y e) El transporte urbano de mercancías.

11.1. El parque vehicular y su composición

De acuerdo a información del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el período 2010-2020 el parque vehicular de Bolivia pasó de 961.228 vehículos a 2.109.117[18], con una tasa se crecimiento promedio aprox. al 10%. Por otra parte, en lo referido a la población, en el mismo periodo pasó de 10.030.501 a 11.677.406 habitantes, representando una tasa de crecimiento de 1,6%. La siguiente figura muestra ese crecimiento dispar.

[18] Este número incluye todo el parque vehicular: Todos los vehículos registrados como servicio particular, servicio público o servicio oficial.

Figura No 52 Crecimiento poblacional vs crecimiento parque vehicular



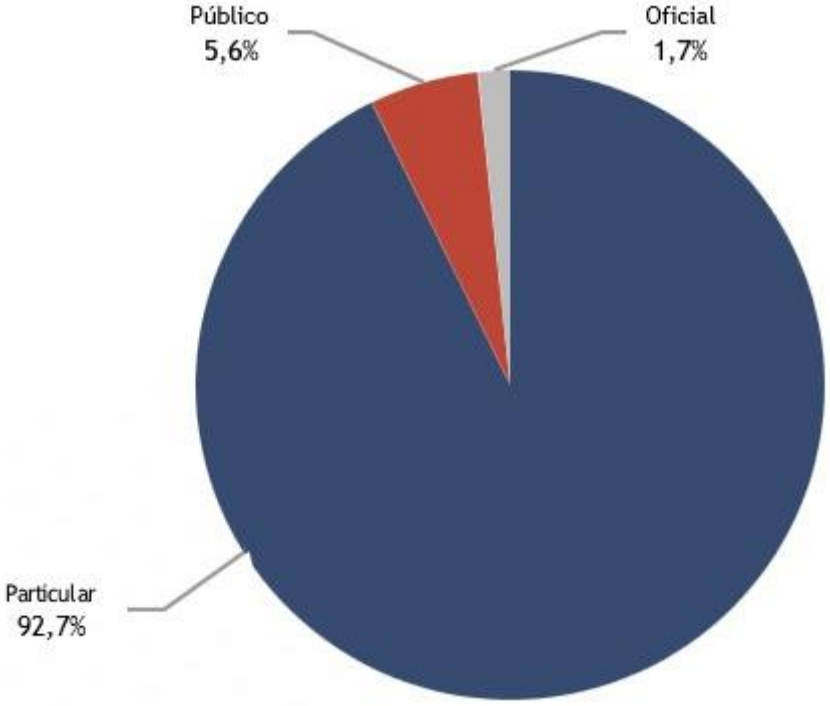
Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

Los datos oficiales del INE se obtienen del Registro Único de para la Administración Tributaria Municipal (RUAT). El RUAT tiene 3 categorías de servicio para el registro de los vehículos: i) Servicio Particular; ii) Servicio Público; y iii) Servicio Oficial. Ello significa que si un vehículo será para uso privado, se debe registrarlo como *servicio particular*. Si se tiene un bus para el transporte de pasajeros, este se registrará como *servicio público*. Se registran a los vehículos en la categoría de *servicio oficial*, a aquellos que se son para uso de las entidades estatales. En relación a que tipo o clase de vehículos se asignan a cada categoría de servicio, se aclara que en Bolivia existe una lista fija de clase de vehículos, la cual es la misma para las 3 categorías de servicio. Las clases de vehículos señaladas son: i) Ambulancia; ii) Automóvil; iii) Bus; iv) Camión; v) Camioneta[19]; vi) Furgón; vii) Jeep[20]; viii) Maquinaria Pesada; ix) Microbús; x) Minibús; xi) Moto; xii) Quadra-trac; xiii) Torpedo[21]; xiv) Tracto-camión; xv) Trimóvil-camión; y xvi) Vagoneta[22].

En el año 2020, el 92,7% del parque vehicular se registró como Servicio Particular; el segundo en importancia es el Servicio Público con una participación de 5,6%; en tanto que el Servicio Oficial llegó a 1,7%.

[19] Denominación local referida a vehículos utilitarios tipo pick up.
[20] Denominación local referida a vehículos 4x4 similares al modelo Jeep Willys.
[21] Denominación local referida a vehículos alargados de carrocería abierta.
[22] Denominación local referida a vehículos tipo SUV.

Figura No 53 Distribución del parque vehicular por tipo de servicio



Fuente: INE

Hasta el 2020, los vehículos registrados como Servicio Particular se incrementaron en 87.640 unidades en relación al 2019, con un crecimiento del 4,7%. De la misma manera, los de Servicio Público se incrementaron en un 5,6%, es decir; crecieron en 7.447 vehículos adicionales y los de Servicio Oficial se incrementaron en un 1,7%, lo que es igual a 630 vehículos más, respecto al año 2019.

Cuadro No 22 Parque vehicular según tipo de servicio

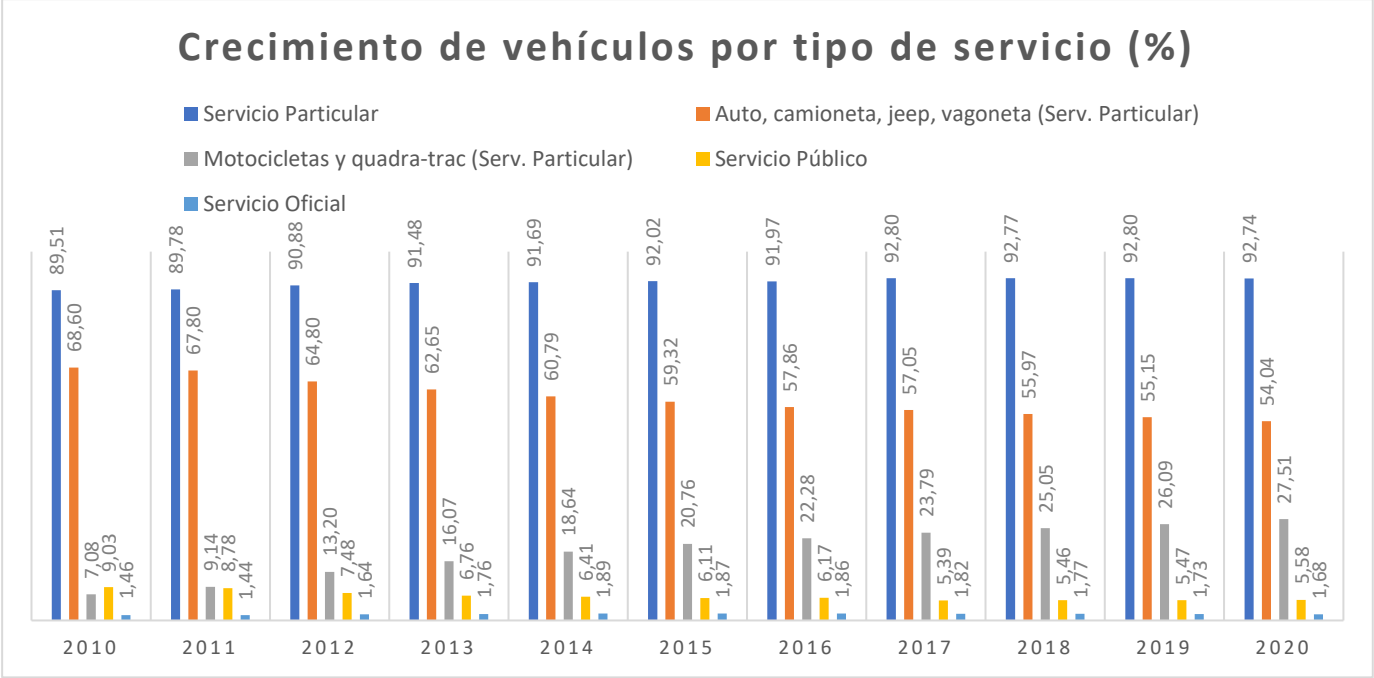
TIPO DE SERVICIO	2019		2020		VARIACIÓN PORCENTUAL
	Número de vehículos	Participación porcentual	Número de vehículos	Participación porcentual	
TOTAL	**2.013.400**	**100**	**2.109.117**	**100**	**4,8**
Particular	1.868.438	92,8	1.956.078	92,7	4,7
Público	110.191	5,5	117.638	5,6	6,8
Oficial	34.771	1,7	35.401	1,7	1,8

Fuente: INE

La figura siguiente presenta la proporción, entre vehículos privados, de servicio público y de uso oficial. Como se puede observar, existe un desplazamiento de vehículos de servicio público hacia vehículos de uso particular en al menos 3%; así, en 2010 el 89,5% correspondía a vehículos privados

de los 961.228 vehículos en circulación, mientras que en 2020 el 93% del parque vehicular del país correspondió a unidades de uso privado.

Figura No 54 Crecimiento de Vehículos por tipo de servicio



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

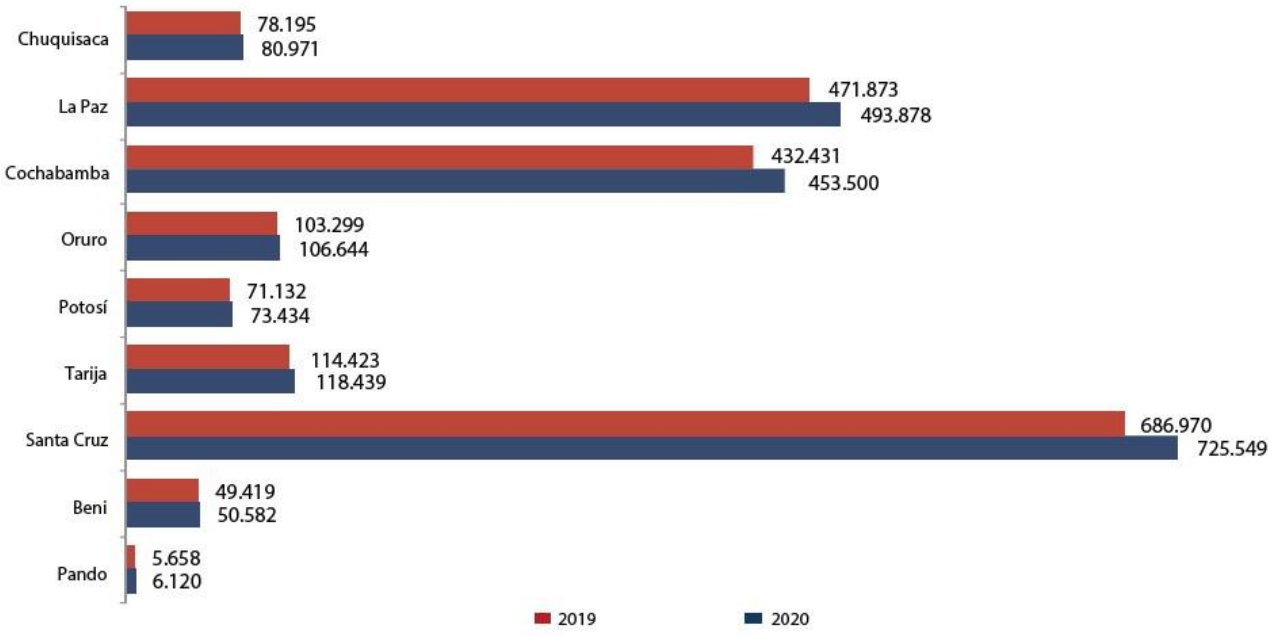
Haciendo la discriminación por clase de vehículos, considerando las 3 categorías de servicio, las motocicletas son el grupo más importante del parque vehicular, registrándose 591.816 unidades al año 2020; le siguen en importancia, 561.963 vagonetas y 201.910 camionetas.

Se destaca el significativo crecimiento del uso de motocicletas, según el INE en 2008 existían alrededor de 44 mil unidades (5% del total); sin embargo; en 2020 representaron el 28,1% del parque vehicular total. Ello muestra que la tendencia a la motorización individual no solo está referida a vehículos de cuatro ruedas, sino también al de dos ruedas, con los consecuentes impactos negativos, efectos colaterales y riesgos que eso conlleva a la seguridad vial. Dentro de los vehículos de servicio particular, en el 2010, los vehículos (autos, jeeps, camionetas y vagonetas) representaban el 69% del total y las motos y quadra-trac eran sólo el 7%. Sin embargo, en 2020 los vehículos representaron el 54% y las motos el 27,5%, es decir se cuadruplicó su cantidad.

En Bolivia, el departamento con la mayor cantidad de vehículos registrados es Santa Cruz, que significan el 34,4% del total, registrando así 725.549 vehículos; en segundo lugar, se encuentra el departamento de La Paz con 493.878, el departamento de Cochabamba es tercero con 453.500 vehículos registrados. Estos tres departamentos concentraron el 79,32% del total del parque vehicular nacional. Dichos departamentos, son a su vez los que experimentan un incremento sostenido en términos absolutos de la cantidad de vehículos, algo que se muestra de manera gráfica en la figura siguiente.

La información descrita muestra la tendencia a la motorización individual en el país, impulsada por diversos factores, incluyendo a un número creciente de vehículos de medio uso, los deficientes servicios de transporte público y los cada vez más bajos precios de los vehículos, en especial el de las motocicletas. Los datos oficiales del INE no muestran el crecimiento de la motorización por ciudades sino por departamentos. Así las cosas, considerando los departamentos donde se localizan las ciudades de estudio, se pudo observar que desde 2010 a 2020, el departamento que experimentó un mayor crecimiento de su parque vehicular es Santa Cruz (148%), luego está Tarija (121%), Chuquisaca, donde se ubica Sucre (110%), Cochabamba (103%), La Paz (99%) y Oruro (89%).

Figura No 55 Parque vehicular de Bolivia, según Departamento (2019-2020)



Fuente: INE

11.1.1. Los estándares de emisiones y la antigüedad del parque vehicular

Estándares de emisiones vigentes en Bolivia

Bolivia posee normas con un sensible atraso en lo referido a contar con un parque vehicular menos contaminante.

Uno de los primeros avances en el control de emisiones de gases contaminantes en Bolivia data de 1995, cuando entró en vigencia el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica, que establecía límites para las emisiones de monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO2) o bióxido de nitrógeno (NO2) -entre los principales- de fuentes fijas y móviles.

En 2011 el gobierno nacional promulgó la Ley Nº 165 (Ley General de Transporte), que permitía solamente la importación de vehículos que cumplan con la Norma Euro II, estableciendo que en un periodo de cinco años se autorizaría únicamente la internación de vehículos que cumplan con la Euro IV. Sin embargo, ya se sabía que la medida podía ser inaplicable, ya que la calidad de los combustibles[23] no acompañaba los avances previstos.

En agosto del año 2016, se modificó el Artículo 191 de la Ley 165, paralizando así la implementación de la Norma Euro IV, hasta que *"los combustibles producidos e importados por el Estado cumplan con la calidad exigida por esas normas*".

El último comunicado conocido de la entidad cabeza de sector, que es el Viceministerio de Transportes, data del 16 de agosto de 2021, fecha en la cual se indica que:

> *" (…) la Norma de Emisiones Atmosféricas Euro IV o equivalentes y otras posteriores, no podrán ser aplicadas, dado que los combustibles producidos e importados por el Estado Plurinacional de Bolivia cumplen con la calidad exigida por estas normas de manera parcial (…). Por lo tanto, pueden ingresar al país vehículos automotores que cumplan con la Normativa de Emisiones Atmosféricas a partir de la Euro II o equivalentes o superiores."*

Sin perjuicio de ello, se comunica también que:

- *"La gasolina Premium reúne las características para ser utilizada en vehículos de alta gama y modernos que estarían bajo la norma de emisiones Euro IV.*
- *EL Diesel Oil importado, cumple con los parámetros de la norme Euro IV"*

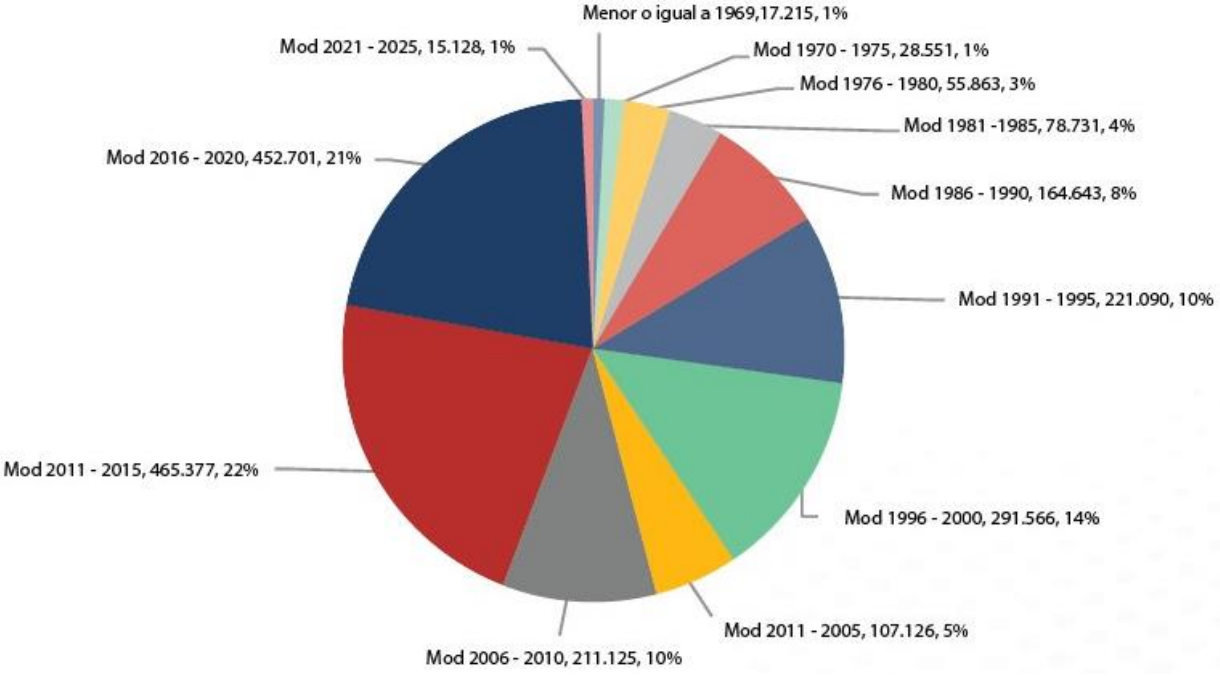
[23] Se refiere a la cantidad de Azufre en el Diesel. En la actualidad, según la empresa estatal de hidrocarburos (YPFB), se importa diesel de hasta 500 ppm. Se importa dicho combustible de: a) Chile, de 6 a 347 ppm; b) Perú de 15 a 480 ppm; c) Argentina, de 60 ppm; d) Paraguay, de 6 a 460 ppm. En el mediano plazo se construirá una planta de biodiesel para dejar de importarlo.

Por lo dicho, es evidente que Bolivia tiene un retraso en la puesta en vigencia del estándar europeo, que ha sido adoptado por la mayoría de los países latinoamericanos.

Antigüedad del parque vehicular

En lo referido a la antigüedad del parque vehicular, el cual incluye todas las clases de vehículos (ej. motos, vagonetas, buses, etc.) el INE reporta que al 2020, los vehículos modelo 2011-2015 sumaron 465.377 unidades, equivalente a 22,1% del total del parque vehicular. En segundo lugar, los vehículos cuyos modelos son de los años 2016-2020, llegan a 452.701 unidades, representando 21,5%. En tercer lugar, se ubican los modelos 1996-2000 con 291.566 vehículos, igual a 13,8%.

Figura No 56 Parque vehicular por año de modelo (2020)



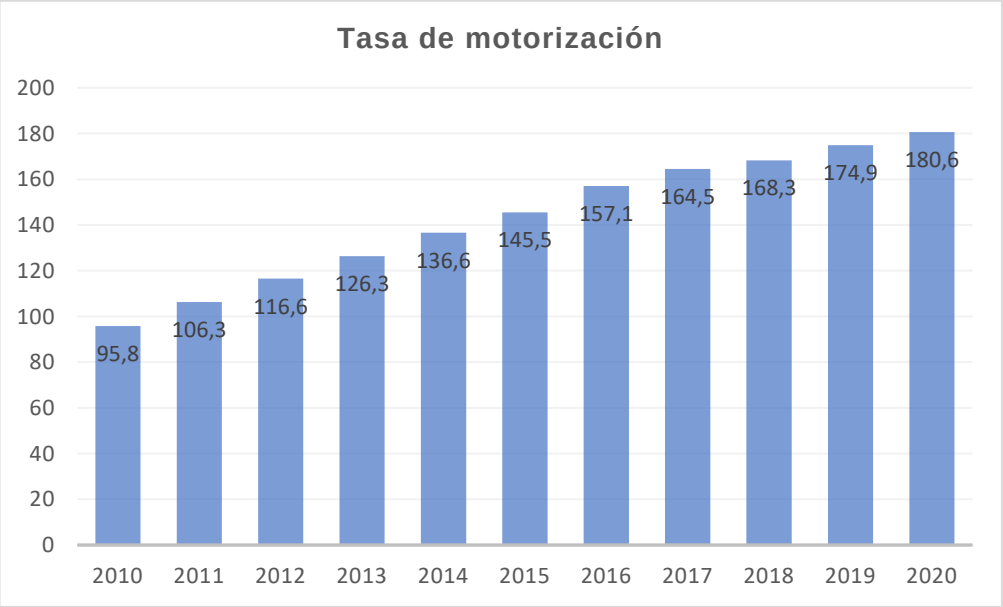
Fuente: INE

11.2. La tasa de motorización

Un indicador muy importante es la tasa de motorización, el cual mide el número de vehículos por cada mil habitantes, es una medida estándar del grado de motorización y sirve de parámetro para comparar la relación entre la población y la cantidad de vehículos.

Utilizando la información sobre de población y cantidad de vehículos del INE, la tasa de motorización pasó de 95,8 vehículos por cada mil habitantes, en 2010, a 180,6 vehículos por cada mil habitantes en 2020. Esa cifra es alta, dadas las características de Bolivia como país de renta media baja y país en vías de desarrollo. Al no contar con la información desagregada por municipio sino por departamento, no es posible establecer a ciencia cierta, la tasa real de motorización por municipio.

Figura No 57 Tasa de motorización (2010-2020)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

11.3. La partición modal

En este apartado se presenta información que resume los datos más relevantes de la movilidad en términos de reparto modal de las áreas metropolitanas de Bolivia, así como el total de pasajeros/día estimados en los últimos estudios oficiales relacionados a la movilidad urbana en cada una de ellas.

Cuadro No 23 Reparto modal en las áreas metropolitanas de Bolivia

Ciudad	Total viajes (por día)	Transporte público	Transporte privado	Bicicleta	A pie	No. Viajes promedio/hab.
La Paz (área metropolitana)	2.722.994	71%	4,70%	0,20%	24,10%	Sólo La Paz: 1,86 Área Metropolitana: 1,21
Cochabamba (área metropolitana)	1.900.310	53%	20%	2%	24%	1,33

Santa Cruz (área metropolitana)	3.500.000	52%	22%	2%	24%	1,74

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ONU-Habitat y estudios de los municipios[24]

En Santa Cruz, según los datos del Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz del 2017, en toda el área metropolitana se realizan 3.500.000 viajes al día. El 52% de los viajes se realiza en transporte público, el 22% en transporte privado, 2% en bicicleta y el 24% a pie.

En las ciudades analizadas se destaca la importancia del uso del transporte público, entre el 51% y el 71%, sin embargo; el vehículo particular es muy relevante en las áreas metropolitanas de Cochabamba y Santa Cruz, con una incidencia alta de hasta el 22%. Sin embargo, es importante destacar que el 25% de los viajes se realizan en modos de transporte no motorizado, sobre todo a pie (destacando El Alto), por el contrario, el uso de la bicicleta es muy reducido en todos los casos (menor al 2%).

11.4. Distancia y Motivo de viajes en el Área Metropolitana de Santa Cruz

En el Área Metropolitana de Santa Cruz, el 68% de los viajes se hace a una distancia menor a los 5 km. El 22% de los viajes son de una distancia de entre 5 a 10 km. El 7% a una distancia de entre 10 a 15 km.

El motivo de viaje es el siguiente: 39% de los viajes son para ir a la casa (para otros fines que no sea almorzar); 19% de los viajes son para ir al trabajo; 18% son para ir al centro educativo; 9% de los viajes son para asuntos privados; 7% viaja a casa para almorzar; 5% de los viajes son para ir de compras; 2% son para otros fines y 1% de los viajes son por negocios.

11.5. El transporte urbano de mercancías

En Bolivia no existen estudios ni datos recientes de transporte urbano de mercancías[25]. Sin embargo; en función a consultas realizadas se pudo identificar que se están ultimando detalles para iniciar la elaboración del Plan Nacional de Logística que contendrá capítulos urbanos.

[24] Estudios en los municipios: Si bien la información reflejada es la información de estudios oficiales, en muchos casos se trata de estudios que datan de hace varios años. Se ve una disparidad en la calidad de la información. Teniendo por un lado estudios robustos en las áreas metropolitanas de Cochabamba y Santa Cruz, en menor medida para La Paz y El Alto.

[25] En el PMUS de La Paz, el PMMUS del AMK y en el PROMUT existen secciones referidas al transporte urbano de mercancías, pero de manera muy escueta.

Santa Cruz es el único departamento en el que se planea estudiar la logística urbana. Según lo manifestado por el Sr. Vicegobernador de Santa Cruz, se ha venido trabajando en la idea del proyecto Anillo Metropolitano, cuyo fin es el de construir infraestructura para que los camiones de alto tonelaje no ingresen más a la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y tener vías exclusivas para este tipo de vehículos, considerando además el actual funcionamiento de infraestructuras tales como los Parques Industriales de la región metropolitana de Santa Cruz.

Por otra parte, en el 2017 estudio del Plan Maestro de Transporte para el Área Metropolitana de Santa Cruz si ha elaborado análisis sobre el flujo de camiones y del transporte de carga.

12. EL SISTEMA GRIS DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ

El sistema gris hace referencia a la planificación e implementación de rutas estratégicas en la Región Metropolitana, siendo este sistema, el articulador del territorio para brindar mejores condiciones al transporte y logística de pasajeros y carga.

En el territorio de la Región Metropolitana de Santa Cruz converge la planificación de diversos proyectos estratégicos de gran magnitud e impacto, y cada uno de estos proyectos requiere conectarse con los demás, por ello, el sistema gris es de gran relevancia en la planificación metropolitana, debido a que no solo vincula los principales proyectos de la región, sino, también se conectan de manera estratégica con la red vial nacional y departamental descongestionando el tráfico de ingreso y salida de la Región Metropolitana.

Los desafíos para la Región Metropolitana de Santa Cruz son convertirla en el eje de integración logística de Bolivia y de la región; consolidarla como proveedora de alimentos del país y el mundo; convertir a la capital en el centro de convenciones empresariales de las Américas; y desarrollar espacios de concentración empresarial especializados, parques industriales, distritos comerciales y áreas empresariales para servicios.

El desarrollo de nuevos sistemas de vías entre municipios es un mecanismo que permite la integración, el aumento en la provisión de bienes y servicios, la reducción de tiempo de traslado y muchos beneficios económicos para la región, por lo cual, recobra una importancia estratégica.

No todos los beneficios de las vías y la infraestructura son económicos, hay que tener en cuenta beneficios sociales como la integración y el acceso a mejo- res escuelas y servicios de sanidad.

El fortalecimiento del sistema gris en la Región Metropolitana de Santa Cruz, nos permitirá tener no solo una mejor conectividad entre las diferentes vías existentes, sino, que también repercute en la economía de la región teniendo menores tiempos de viajes, reducción de gastos de mantenimiento vehicular, además de tener un efecto ambiental favorable ya que tener vías más rápidas y adecua-

das al tipo de transporte, reduce las emisiones de gases de efectos invernaderos, entre otros. Por otro lado, el sector del transporte pesado y logístico, se verá beneficiado al no tener que ingresar al tráfico urbano, sino, estos contarán con vías estratégica- mente vinculadas, dando paso a un tráfico más fluido en la RMSCZ.

13. PLAN MAESTRO DE TRANSPORTE PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE SANTA CRUZ (2017)

El “Plan Maestro de Transporte para el Área Metropolitana de Santa Cruz” elaborado por consultores japoneses y financiado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) es sin dudas el documento más completo sobre movilidad urbana que se ha elaborado en nuestro país. Su relevancia radica en que fue elaborado usando una gran base de datos producto de información primaria levantada a través de encuestas domiciliarias y otras en los diferentes municipios de la RMSCZ.

A diferencia de los Programa de Transporte y Planes Maestros de Movilidad Sostenible desarrollados para otros municipios en diferentes partes del país, el “estudio JICA” es más completo porque su visión es metropolitana y analiza una mayor cantidad de variables y una mayor cantidad de datos.

A continuación, se presentan apartados que relatan los datos referidos a los estudios de tráfico y a la previsión de demanda que el estudio JICA estableció.

13.1. Información de viajes de hogares y viajes diarios

13.1.1. Características del hogar

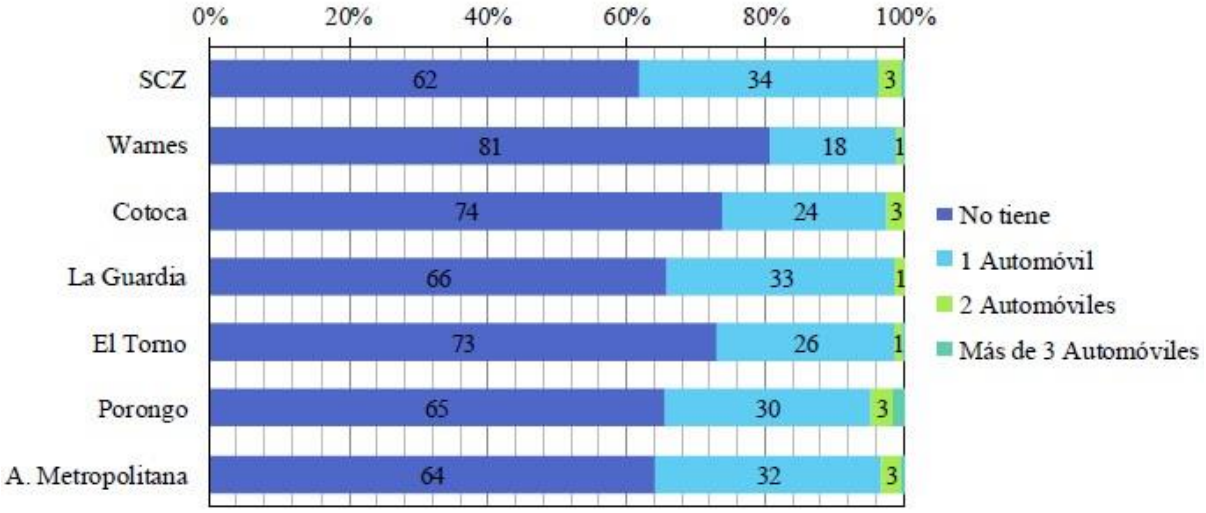
13.1.1.1 Distribución de los ingresos de los hogares

En el Área Metropolitana, la proporción de hogares con ingresos familiares mensuales de Bs. 2.000 a 5.999 alcanzó el 70%, mientras que se observa fluctuaciones en los municipios. Santa Cruz de la Sierra tiene la mayor proporción de hogares de altos ingresos, con más de Bs. 6.000 por mes por hogar.

13.1.1.2 Tenencia de automóviles por cada hogar

Generalmente en el área metropolitana, aproximadamente la mitad de los hogares posee un automóvil. Mientras que la mayoría de ellos posee sólo un automóvil, hay aproximadamente 10% de hogares en Porongo que tienen 2 o más coches. La tenencia de automóviles es mayor en Santa Cruz de la Sierra y Porongo.

Figura No 58 Tenencia de automóviles por hogar en los municipios

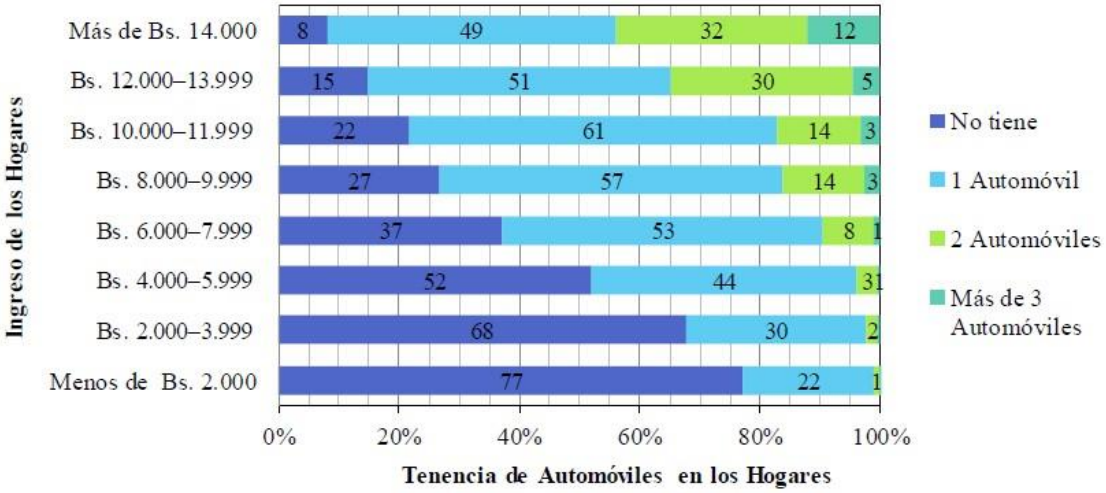


Fuente: Estudio JICA

13.1.1.3 Tenencia de Automóvil y Distribución de Ingresos de los Hogares

El vínculo entre el ingreso mensual de los hogares y la tenencia de los automóviles presentó una relación explícita entre ellos. A mayor ingreso en un hogar, más poseen un coche. Especialmente para hogares con ingresos mensuales superiores a 12.000 Bs., más de un tercio de ellos posee 2 o más automóviles.

Figura No 59 Ingreso mensual del hogar y tenencia de automóvil por hogar



Fuente: Estudio JICA

13.1.2. Tasa de Viaje y Propósito del Viaje

13.1.2.1 Tasa de Viaje

La tasa total de viaje o el número de viajes por día por persona del área metropolitana es de 1,74. Se estima que se realizan 3,5 millones de viajes en un día en el área metropolitana. Considerando el propósito del viaje, “ir a casa” (aparte del almuerzo) seguido por los viajes “ir al trabajo” e “ir al centro educativo” son propósitos predominantes de viaje.

Cuadro No 24 Tasa de viaje por propósito de viaje en el Área Metropolitana

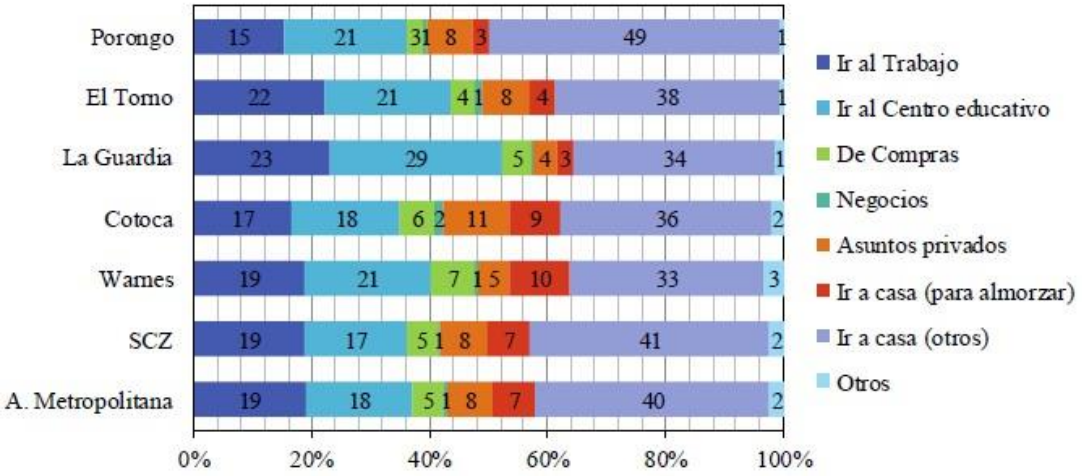
Propósito del Viaje	Viaje (’000)	Población (’000)	Tasa de Viaje
Ir a Trabajar	666		0,33
Ir al Centro Educativo	625		0,31
De Compras	193		0,09
Negocios	49	2.039	0,02
Asuntos privados	303		0,15
Ir a casa (Para almorzar)	265		0,13
Ir a casa (Para otros asuntos que no sean el de almorzar)	1.370		0,67
Otros	71		0,03
Total	3.541	2.039	1,74

Fuente: Estudio JICA

13.1.2.2 Composición del propósito de Viaje

La composición del propósito del viaje es similar entre los seis municipios en el área metropolitana aunque se observa una fluctuación menor.

Figura No 60 Composición del propósito del viaje por Municipio

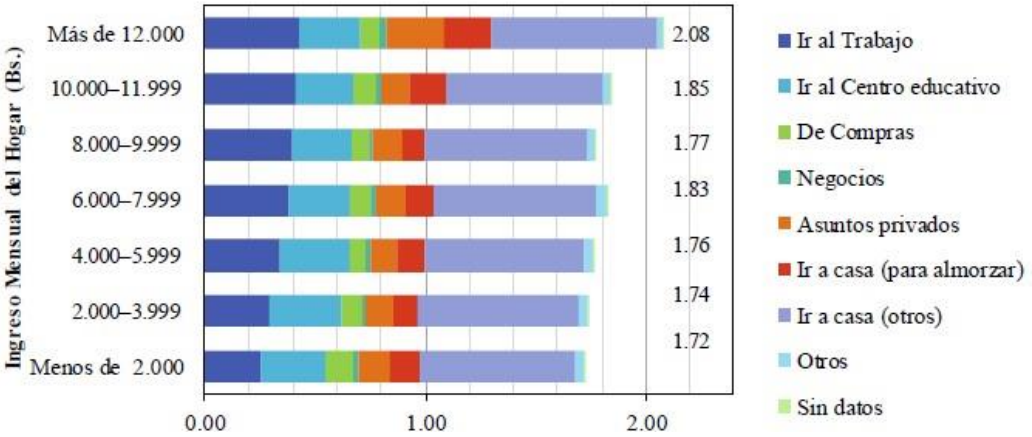


Fuente: Estudio JICA

13.1.2.3 Propósito del viaje y tasa de viaje por ingresos

Existe una tendencia lineal positiva entre el ingreso del hogar y la tasa de viaje. Esto implica que la movilidad del grupo de menores ingresos podría estar restringida por la tarifa del transporte público y la menor tenencia de automóviles. Se infiere que otros factores como las personas desempleadas en el grupo de menores ingresos también lo afectan. La excepción de la tendencia lineal se presenta en el grupo con los ingresos más altos (Más de 14.000 Bolivianos), el cual podría estar afectado por el reducido tamaño de la muestra.

Figura No 61 Tasa de viaje por ingreso mensual del hogar

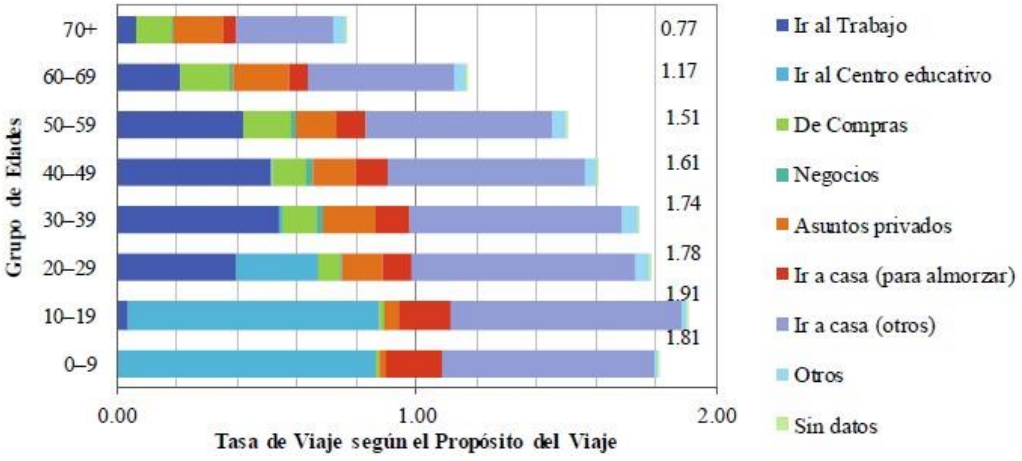


Fuente: Estudio JICA

13.1.2.4 Propósito del Viaje y Tasa de Viaje por Grupo de Edad

El propósito predominante del viaje excepto para el propósito de “ir a casa” es el propósito “ir al centro educativo” para los encuestados menores de 20 años. La tasa de participación y propósito de viaje de “ir a trabajar” aumenta después de los 20 años de edad. La tasa de viaje, para el propósito de viaje “ir a trabajar” disminuye gradualmente después de los 40 años de edad.

Figura No 62 Tasa de viaje según el propósito por grupo de edad

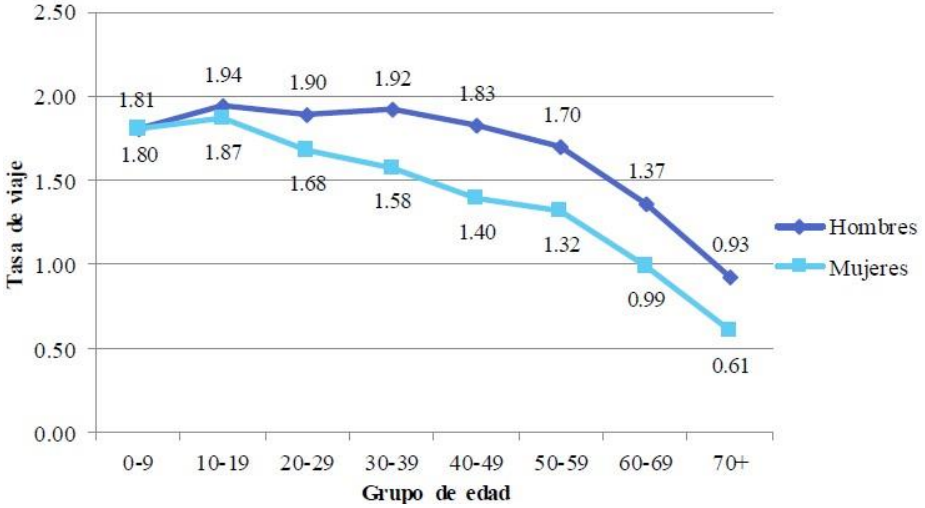


Fuente: Estudio JICA

13.1.2.5 Tasa de Viaje por Grupo de Edad y Sexo

Mientras que las tasas de viaje de hombres y mujeres del grupo de edad joven entre 0 y 19 años son casi similares, la diferencia entre hombres y mujeres se hace evidente especialmente después de los 30 años de edad. La tasa de viaje de los hombres es aproximadamente 0,5 viajes más que la de las mujeres para el grupo de edad de 30 años o de más edad.

Figura No 63 Tasa de viaje por grupo de edad y por sexo

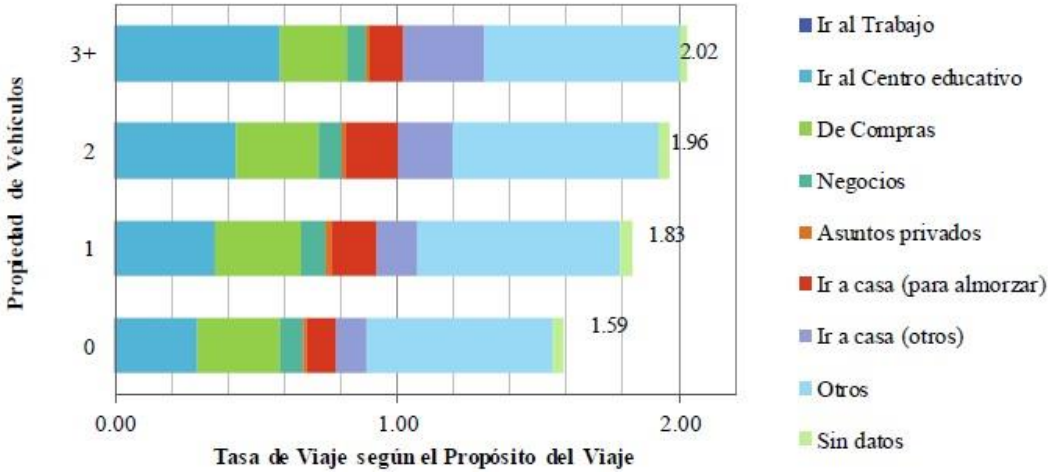


Fuente: Estudio JICA

13.1.2.6 Tasa de Viaje según Tenencia de Vehículos

La tenencia de vehículos es una de las variables clave que afecta el número de viajes. La figura a continuación muestra el aumento de la tasa de viaje tanto como aumenta el número de automóviles en un hogar. Mientras que las tasas de viaje para los propósitos de “ir al centro educativo”, “compras” y “negocios” son casi del mismo rango para todos los grupos, los propósitos de viaje de “ir al trabajo”, “asuntos privados” e “ir a casa” aumentan a medida que aumenta el número de automóviles en un hogar.

Figura No 64 Tasa de viaje y tenencia de automóviles



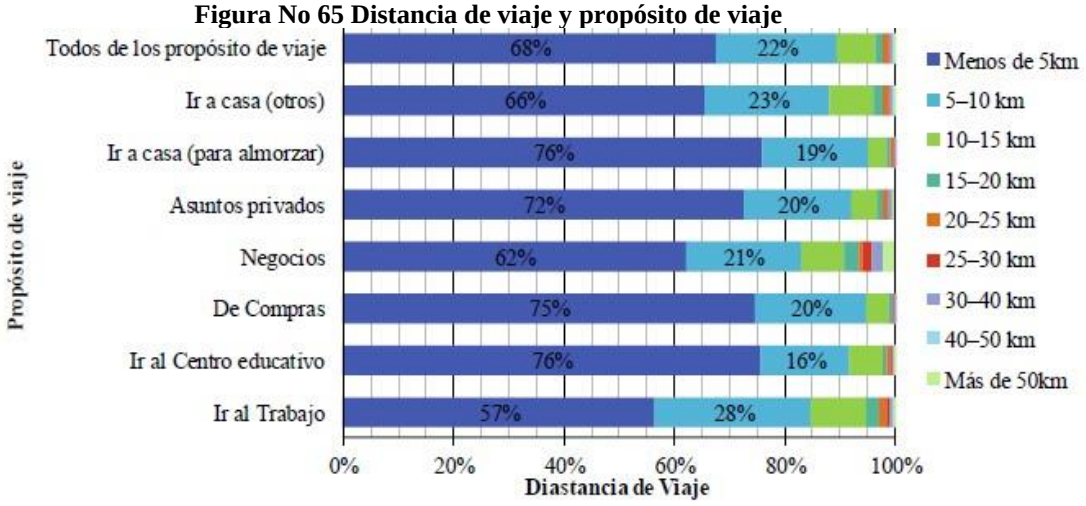
Fuente: Estudio JICA

13.1.3. Distancia y tiempo de viaje

13.1.3.1 Propósito del viaje y distancia

La distancia de viaje varía dependiendo del propósito de viaje. En los viajes con fines de negocio, aproximadamente la mitad son mayores a 5 km. La distancia de los viajes diarios al trabajo es también más larga que otros viajes con propósitos diferentes después del viaje de negocios.

Figura No 65 Distancia de viaje y propósito de viaje

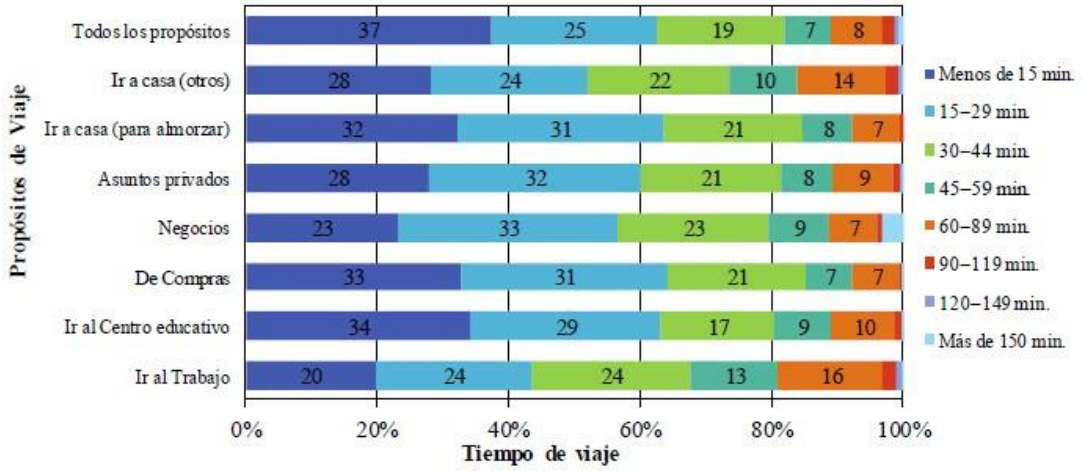


Fuente: Estudio JICA

13.1.3.2 Tiempo de viaje según Propósito

Aparte de la distancia de viaje, el tiempo de viaje del propósito “ir al trabajo” es el más alto entre todos los propósitos, seguidos por “negocios”. La mayoría de los viajes con el propósito “ir al trabajo” se realiza durante el período pico de la mañana, mientras que los viajes de “negocios” se pueden hacer a lo largo del día.

Figura No 66 Tiempo de viaje y propósito de viaje



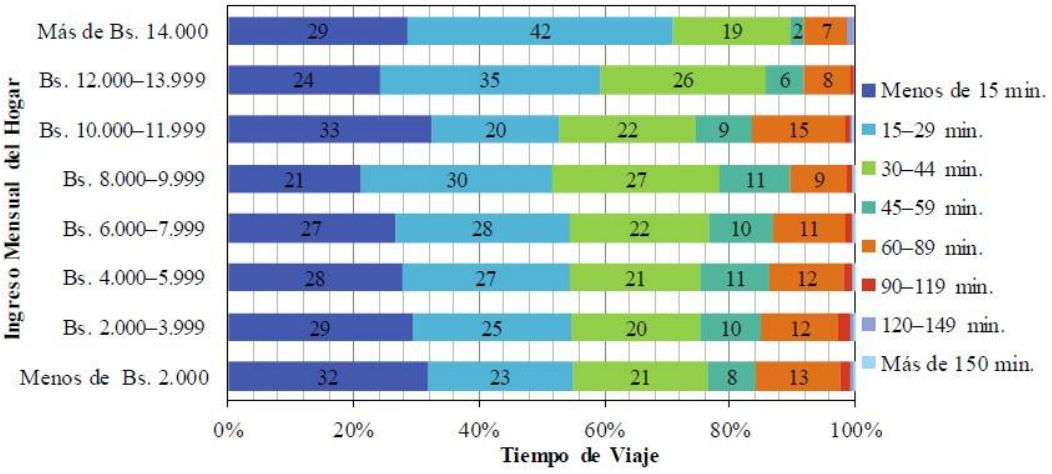
Fuente: Estudio JICA

13.1.3.3 Tiempo de viaje por Grupo de Ingresos del Hogar

Cabe destacar que la proporción de viaje de larga duración (60 minutos o más), disminuye a medida que aumenta el ingreso del hogar. Por otro lado, la proporción de los viajes de corta duración (inferior a 30 minutos), es la más baja para el grupo de ingresos medios de 8.000 a 9.999 bolivianos por mes por hogar.

El aumento del viaje de larga duración puede deberse a la dependencia del transporte público, que suele tardar más tiempo en comparación con los modos privados de transporte. El aumento de viaje de corta duración del grupo de ingresos altos puede explicarse por la ubicación de sus residencias, ya que pueden permitirse el lujo de residir en el área más cercana al centro de la ciudad. El aumento del viaje de corta duración del grupo de bajos ingresos puede explicarse po su dependencia del transporte no motorizado.

Figura No 67 Ingreso mensual del hogar y tiempo de viaje



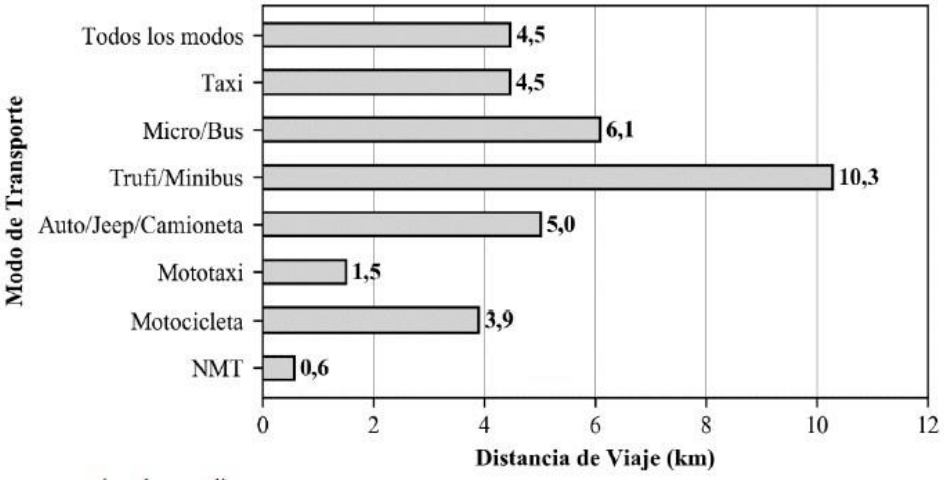
Fuente: Estudio JICA

13.1.3.4 Distancia de viaje y Tiempo por modo

La distancia y el tiempo de viaje por modo de transporte se muestran respectivamente en las siguientes figuras. La distancia media de viaje por trufi y minibús es la más alta entre todos los modos de transporte. Esto podría deberse a la gran cantidad de rutas de mediana distancia provenientes de los 5 municipios aledaños a Santa Cruz de la Sierra. Por otro lado, los tiempos de viaje de los microbuses y autobuses grandes son los más altos entre todos los modos de transporte.

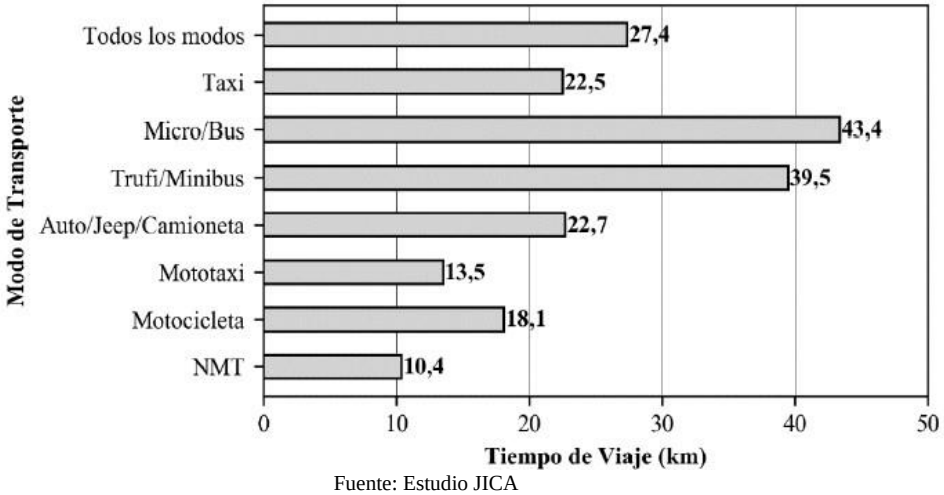
Los vehículos motorizados de dos ruedas, como la motocicleta y el mototaxi, sirven para viajes de corta distancia con poca duración en comparación con vehículos motorizados de cuatro o más ruedas.

Figura No 68 Distancia media de viaje según el modo de viaje



Fuente: Estudio JICA

Figura No 69 Tiempo medio de viaje por modo de viaje

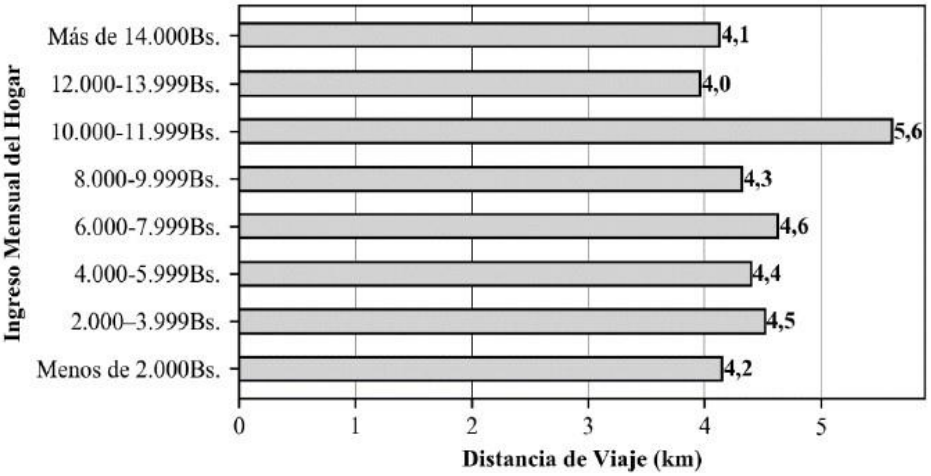


Fuente: Estudio JICA

13.1.3.5 Distancia y Tiempo de Viaje por Grupo de Ingresos del Hogar

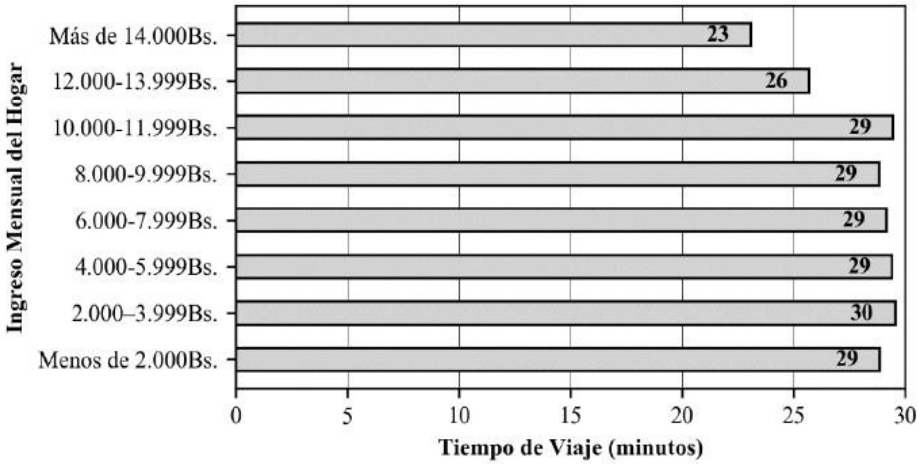
Según los dos gráficos siguientes sobre la distancia de viaje y el tiempo de viaje por ingresos del hogar, tanto el tiempo como el costo aumentan a medida que disminuye el ingreso de los hogares. Se estima que esto podría ser causado por la ubicación de su residencia. Sin embargo, el tiempo de viaje y el costo del ingreso del hogar por debajo de 8.000 bolivianos se encuentran en el mismo rango.

Figura No 70 Distancia media de viaje por ingreso mensual del hogar



Fuente: Estudio JICA

Figura No 71 Tiempo medio de viaje por ingreso mensual del hogar

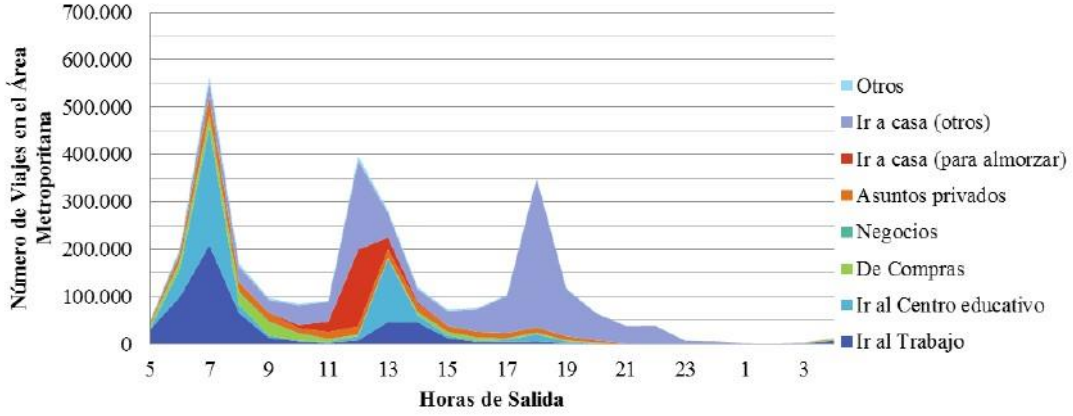


Fuente: Estudio JICA

13.1.3.6 Hora de salida y llegada

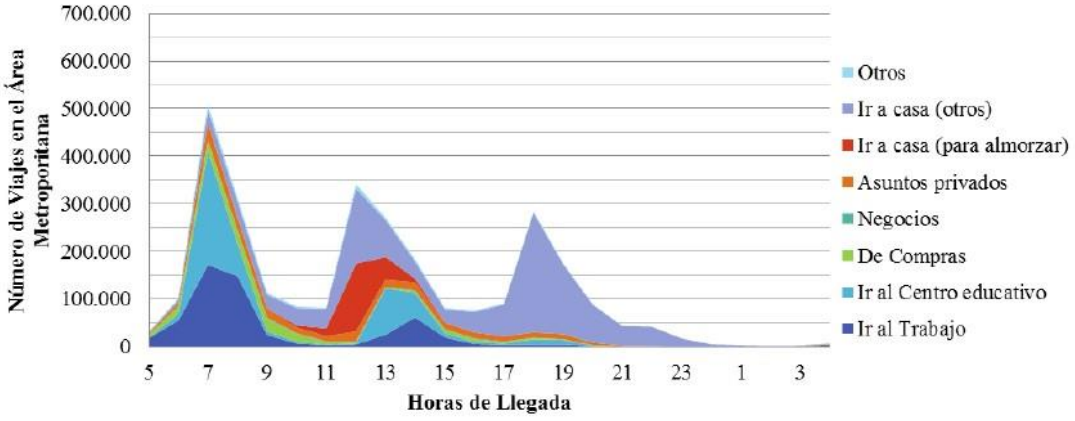
Hay tres picos de hora de salida y llegada que son a las 7:00, al mediodía y a las 18:00 respectivamente. El pico de la mañana entre las 7:00 y 8:00 es el más alto ya que una gran cantidad de personas viajan a diario hacia los lugares de trabajo y a las escuelas y salen/llegan durante este período. A diferencia de otros países que no cuentan con un tiempo de descanso largo para el almuerzo, la hora pico a la hora del almuerzo entre el mediodía y la 13:00 es el segundo pico más alto. El pico de la noche es algo disperso comparado con el pico de la hora de la mañana y del almuerzo.

Figura No 72 Hora de salida según propósito de viaje



Fuente: Estudio JICA

Figura No 73 Hora de llegada según propósito de viaje



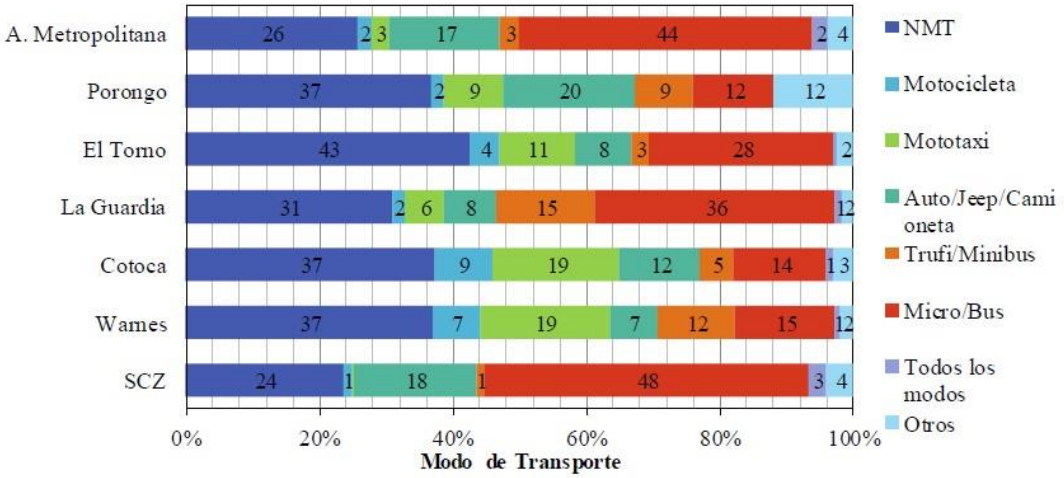
Fuente: Estudio JICA

13.1.4. Modo de transporte y características relacionadas con el modo

13.1.4.1 Modo de transporte por municipio

La participación modal por municipio se muestra en la siguiente figura. En toda el área metropolitana, los microbuses y autobuses son el modo de transporte motorizado predominante, con un 42 por ciento de participación, seguido por el transporte no motorizado (NMT) del 25 por ciento y finalmente por un grupo conformado por automóviles, jeeps y camionetas de 21 por ciento. Mientras que la participación de otros modos de transporte como moto, mototaxi, trufi, minibús y taxi son menos del 4%. El mototaxi, trufi y minibús están jugando un papel clave en los municipios suburbanos. Cabe destacar también que la participación modal del transporte no motorizado es mayor en los municipios suburbanos.

Figura No 74 Participación modal de transporte por municipio



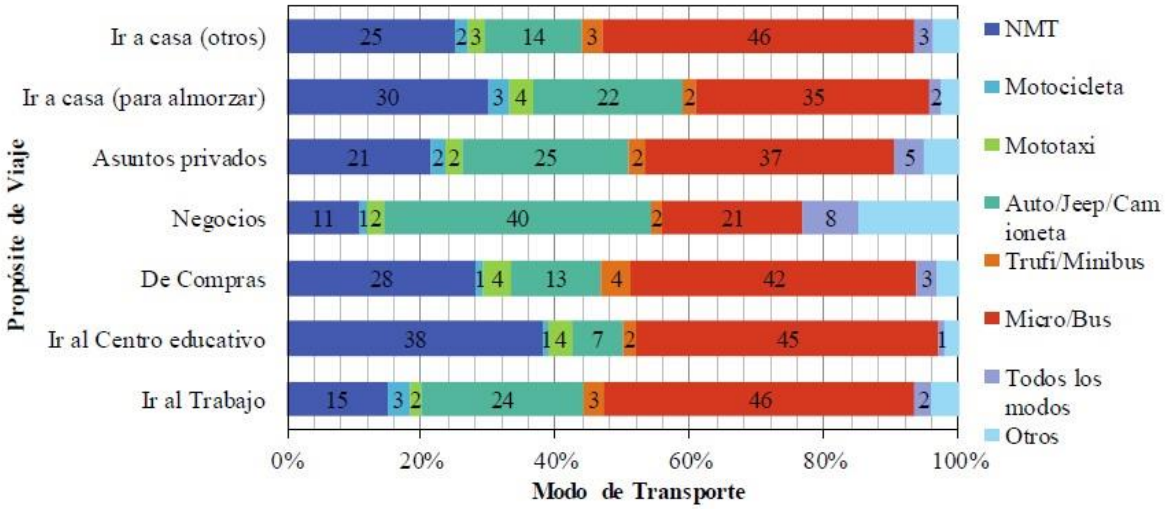
Nota: Se identifican la ubicación de salida según modo de transporte por municipio. NMT significa transporte no motorizado. SCZ significa Santa Cruz de la Sierra.

Fuente: Estudio JICA

13.1.4.2 Modo de Transporte por Propósito

En la siguiente figura se muestra la participación modal de transporte en función del propósito. Se observa mayor participación del grupo conformado por automóviles, jeeps y camionetas, para viajes por “negocios”, “asuntos privados” e “ir al trabajo”. Para viajes a los centros educativos y de compras, el transporte no motorizado tiene una mayor participación.

Figura No 75 Participación modal de transporte según propósito de viaje

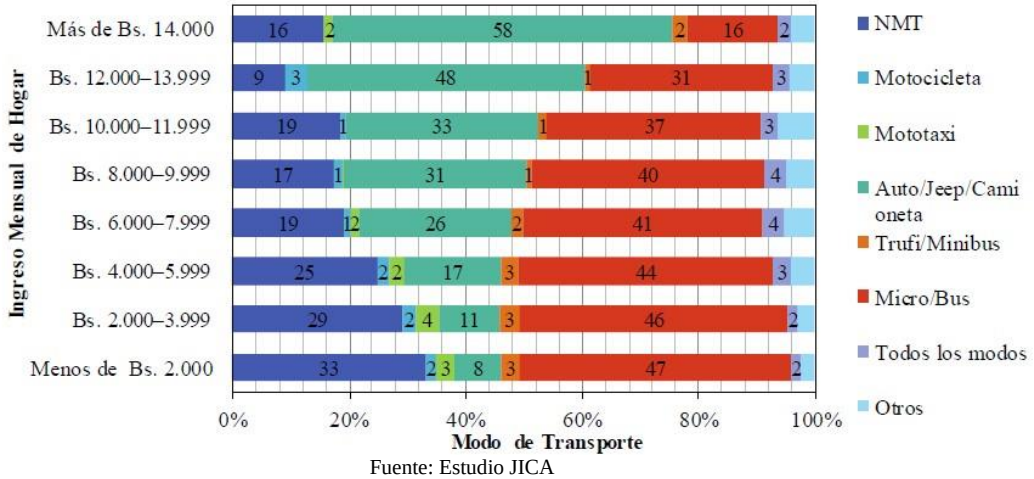


Fuente: Estudio JICA

13.1.4.3 Modo de Transporte por Grupo de Ingresos del Hogar

Los grupos de ingresos altos dependen principalmente de los automóviles privados, mientras que los grupos de menor ingreso utilizan transporte público además del transporte no motorizado.

Figura No 76 Participación modal de transporte según ingreso mensual familiar

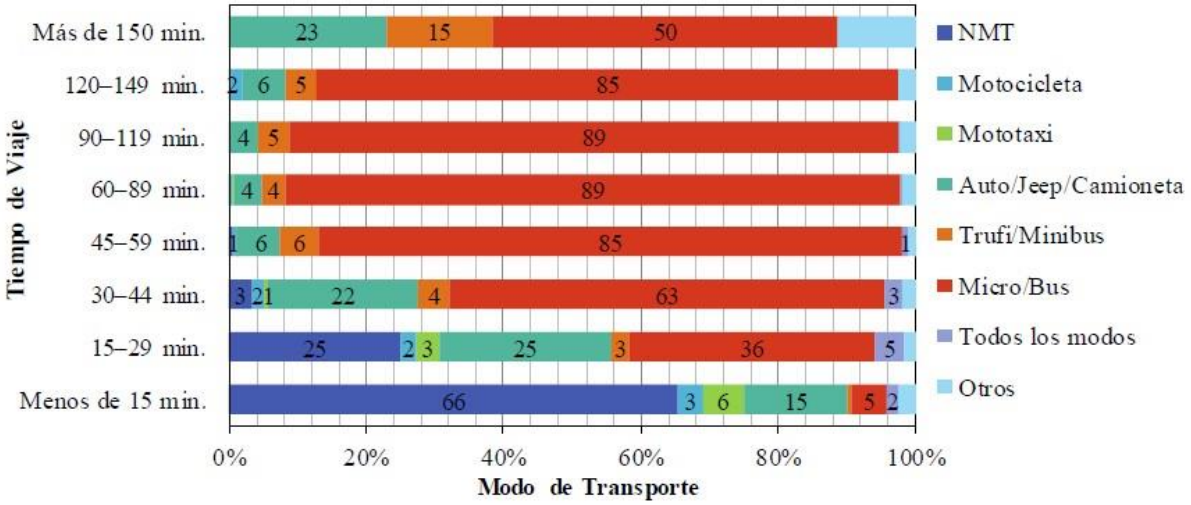


Fuente: Estudio JICA

13.1.4.4 Modo de transporte por tiempo de viaje

Para los viajes largos, los microbuses y los autobuses son el modo de transporte predominante excepto en los viajes de más de 150 minutos. En contraste, aproximadamente el 70% de los viajes se realizan por transporte no motorizado (NMT) para viajes de menos de 15 minutos.

Figura No 77 Participación modal de transporte por tiempo de viaje

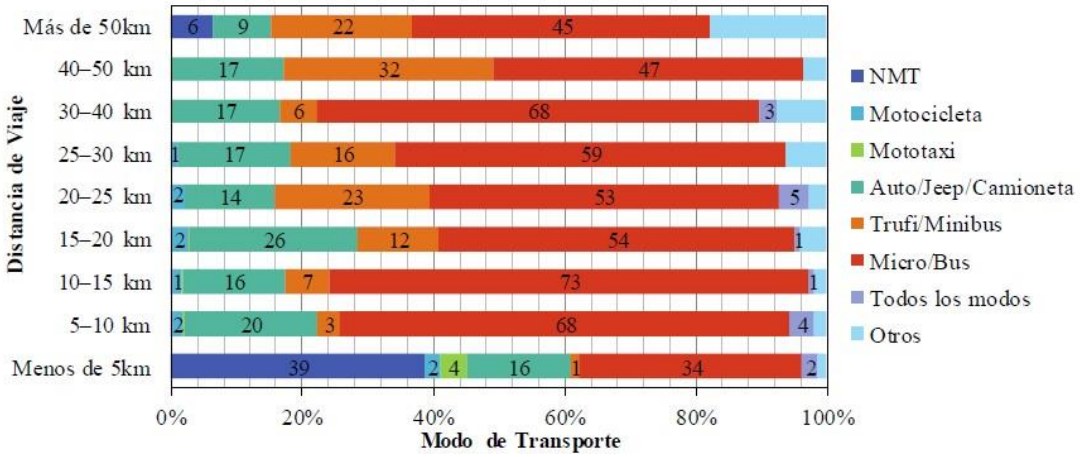


Fuente: Estudio JICA

13.1.4.5 Modo de transporte por distancia de viaje

Al igual que la participación modal de transporte por tiempo de viaje, el micro bus y otros autobuses son el principal modo de transporte para viajes de largas distancias seguido del automóvil privado (automóvil/jeep/camionetas), trufis y minibuses.

Figura No 78 Participación modal de transporte por distancia de viaje

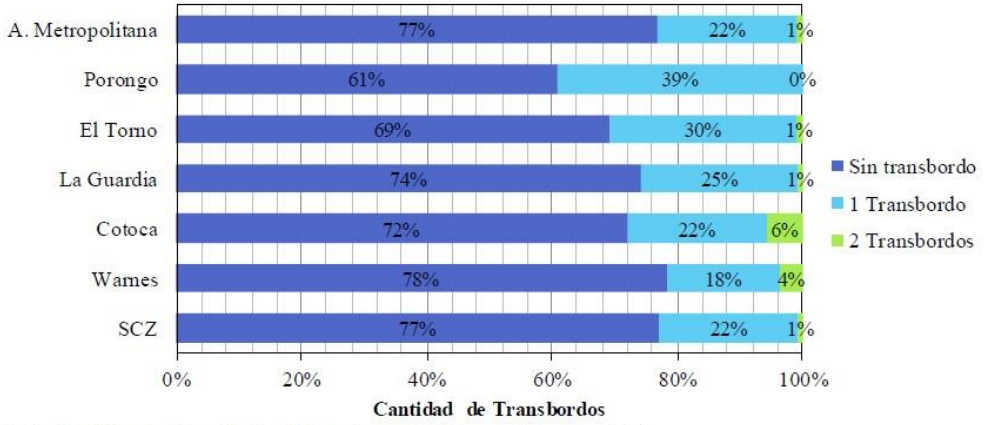


Fuente: Estudio JICA

13.1.4.6 Número de Transbordo de Pasajeros de Transporte Público

En el área metropolitana, una cuarta parte de los viajes realizados en transporte público requiere de uno dos transbordos. En los municipios suburbanos, el número de transbordo es mayor en comparación con Santa Cruz de la Sierra. Esto podría estar afectado por la densidad de la ruta del autobús. Por ejemplo, aproximadamente en la mitad de los viajes desde Cotoca necesitan realizar transbordo al menos una vez.

Figura No 79 Número de transbordos en transporte público



Nota: Se identifican la ubicación de salida según modo de transporte por municipio.

Fuente: Estudio JICA

13.1.5. Distribución de viajes

13.1.5.1 Composición de la distribución de viajes por municipio – Todos los viajes

La figura a continuación muestra la composición de la distribución de viajes por municipio. Mientras que la mayoría de los viajes se realizan dentro de cada municipio, más de un cuarto de los viajes de La Guardia y Porongo son entre el municipio y Santa Cruz de la Sierra. En el caso de Santa Cruz de la Sierra, más del 95% de los viajes se realizan dentro del municipio.

13.1.5.2 Composición de la distribución de viajes por municipio – Al lugar de trabajo

La composición de la distribución de viajes diarios para ir al lugar del trabajo es similar a la de todos los propósitos. La proporción de los viajes “al trabajo” dentro del municipio es más baja que la de todos los propósitos. Se trasladan a diario a Santa Cruz de la Sierra aproximadamente el 40% de la población trabajadora de La Guardia y un tercio de la de Warnes.

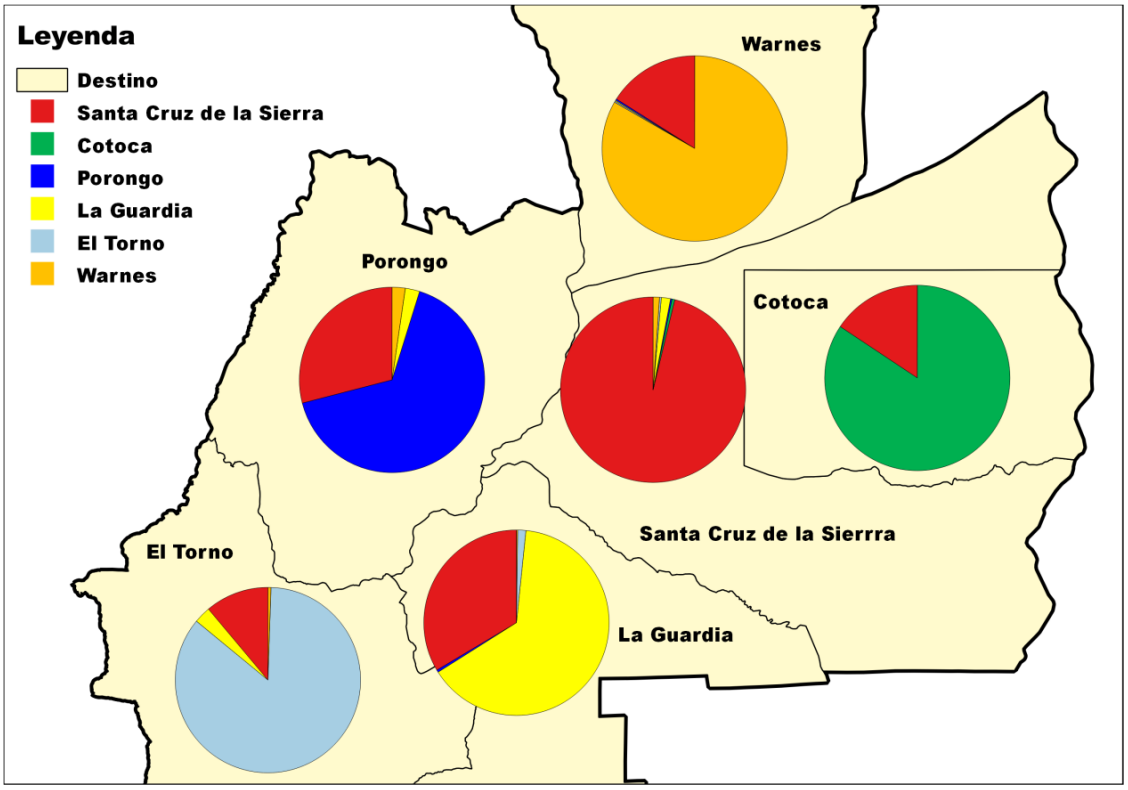
13.1.5.3 Composición de la distribución de viajes por municipio – al centro educativo

La mayoría de los estudiantes en el Área Metropolitana van a centros educativos en sus municipios. Sin embargo, más de un cuarto de los estudiantes de Porongo y La Guardia van a centros educativos en Santa Cruz de la Sierra.

13.1.5.4 Línea Deseada de Todos los Viajes

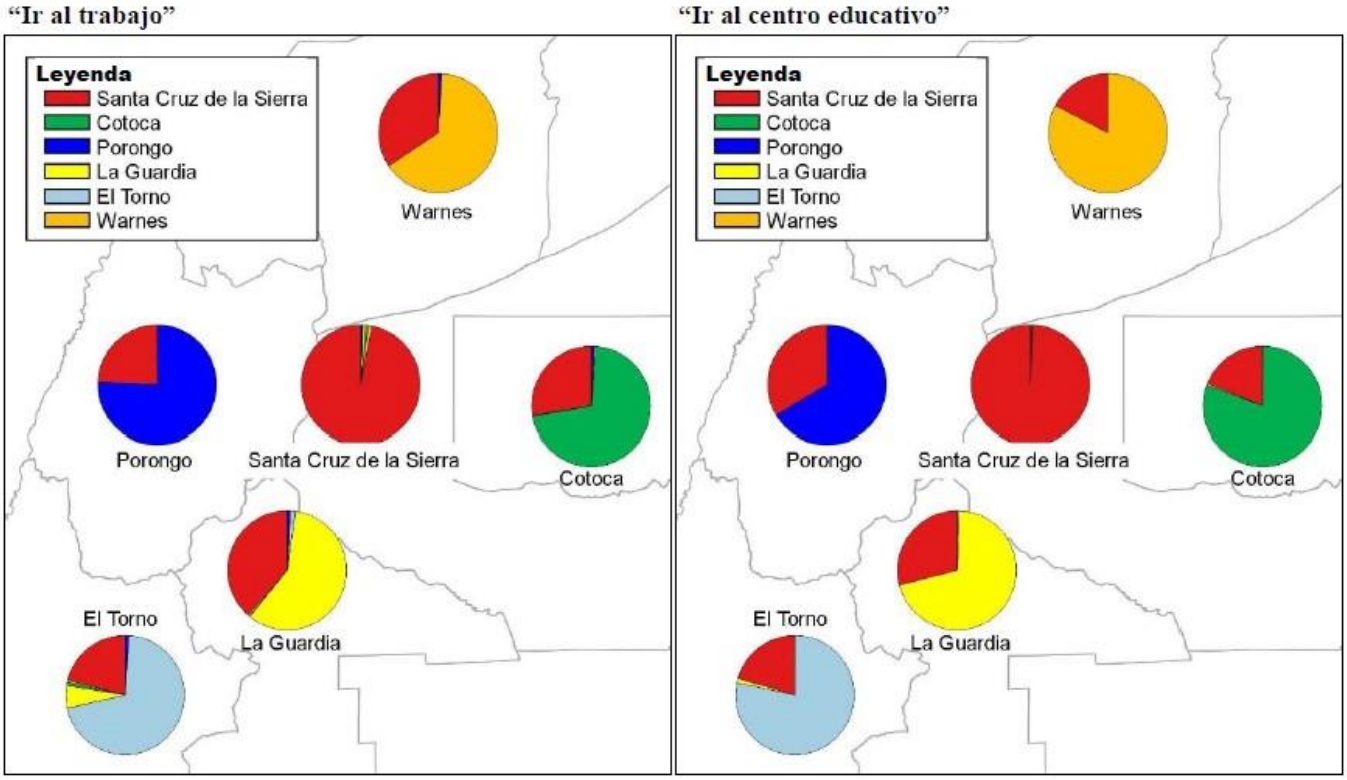
La figura a continuación ilustra los viajes entre los municipios del área metropolitana. No se muestran los viajes dentro de cada municipio. La mayoría de los viajes intermunicipales son entre Santa Cruz de la Sierra y los cinco municipios alrededor. El mayor número de viajes se observa entre Santa Cruz de la Sierra y La Guardia seguido de Warnes, Cotoca, El Torno y Porongo. También hay un número significativo de viajes entre La Guardia y EL Torno ya que estos dos municipios están conectados por una carretera fundamental.

Figura No 80 Composición de la distribución de viajes por municipio - Todos los viajes



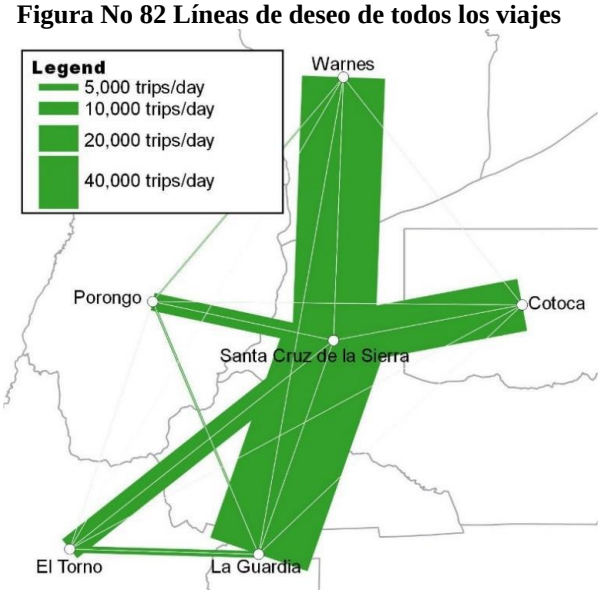
Fuente: Estudio JICA

Figura No 81 Composición de la distribución de viajes por municipio



Fuente: Estudio JICA

Figura No 82 Líneas de deseo de todos los viajes



Fuente: Estudio JICA

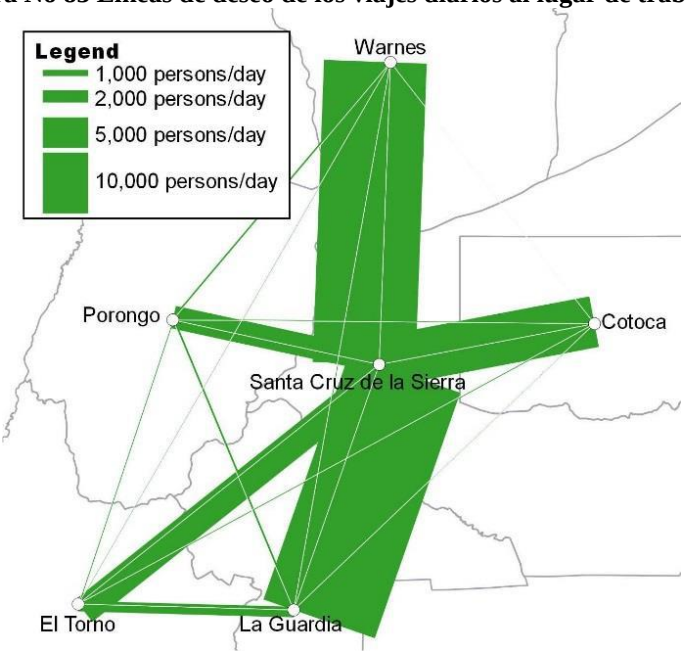
13.1.5.5 Línea deseada de los Viajes Diarios al Lugar de Trabajo

El número de trabajadores desde los municipios aledaños hacia Santa Cruz de la Sierra supera al número de trabajadores desde Santa Cruz de la Sierra hacia los demás municipios, excepto Porongo. El número de trabajadores que se traslada a Porongo pueden estar afectados por los sitios de construcciones dentro del municipio. La mayor cantidad es desde La Guardia, seguido de Warnes, Cotoca, El Torno y Porongo.

13.1.5.6 Línea deseada de los Viajes Diarios al Centro Educativo

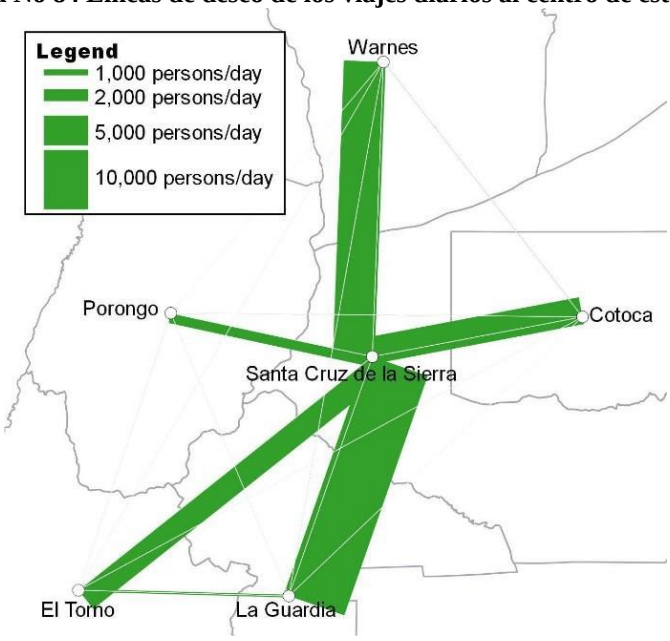
El número de estudiantes inter municipales es menor que el de los trabajadores. El número de estudiantes desde Santa Cruz de la Sierra hacia los municipios aledaños sea mucho menor que el de los estudiantes desde estos municipios hacia Santa Cruz de la Sierra.

Figura No 83 Líneas de deseo de los viajes diarios al lugar de trabajo



Fuente: Estudio JICA

Figura No 84 Líneas de deseo de los viajes diarios al centro de estudio



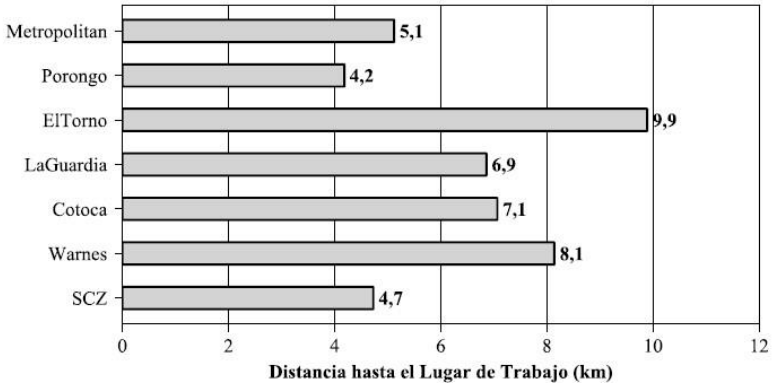
Fuente: Estudio JICA

13.1.6. Características de los viajes diarios

13.1.6.1 Distancia al lugar de trabajo por municipio

La distancia media desde los lugares de residencia a los lugares de trabajo dentro del área metropolitana es de 5,0 km. Sin embargo, la distancia de los viajes diarios varía significativamente dependiendo del municipio. La distancia de El Torno es la más larga con 10,2 km.

Figura No 85 Distancia media al lugar de trabajo por municipio

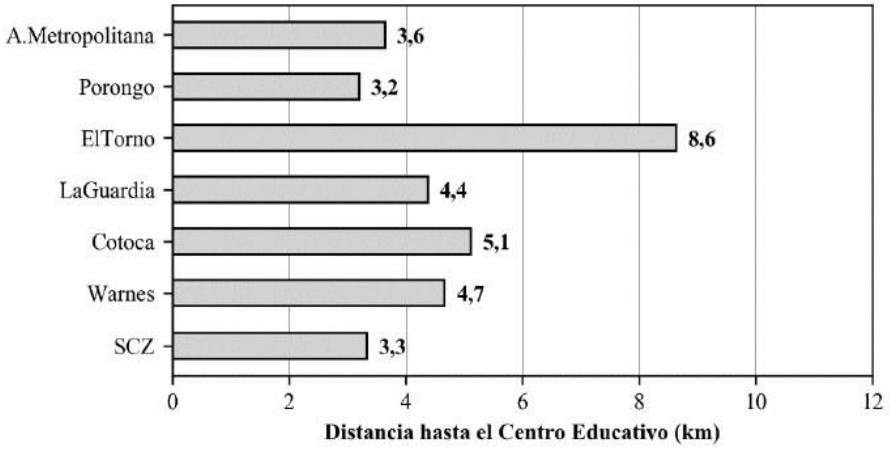


Fuente: Estudio JICA

13.1.6.2 Distancia al centro educativo por municipio

La distancia del viaje para ir al centro educativo es aproximadamente 80% más corta que la de ir al lugar de trabajo. La distancia media de viaje para ir al centro educativo en el municipio es 3,8km.

Figura No 86 Distancia hasta el centro educativo (km)



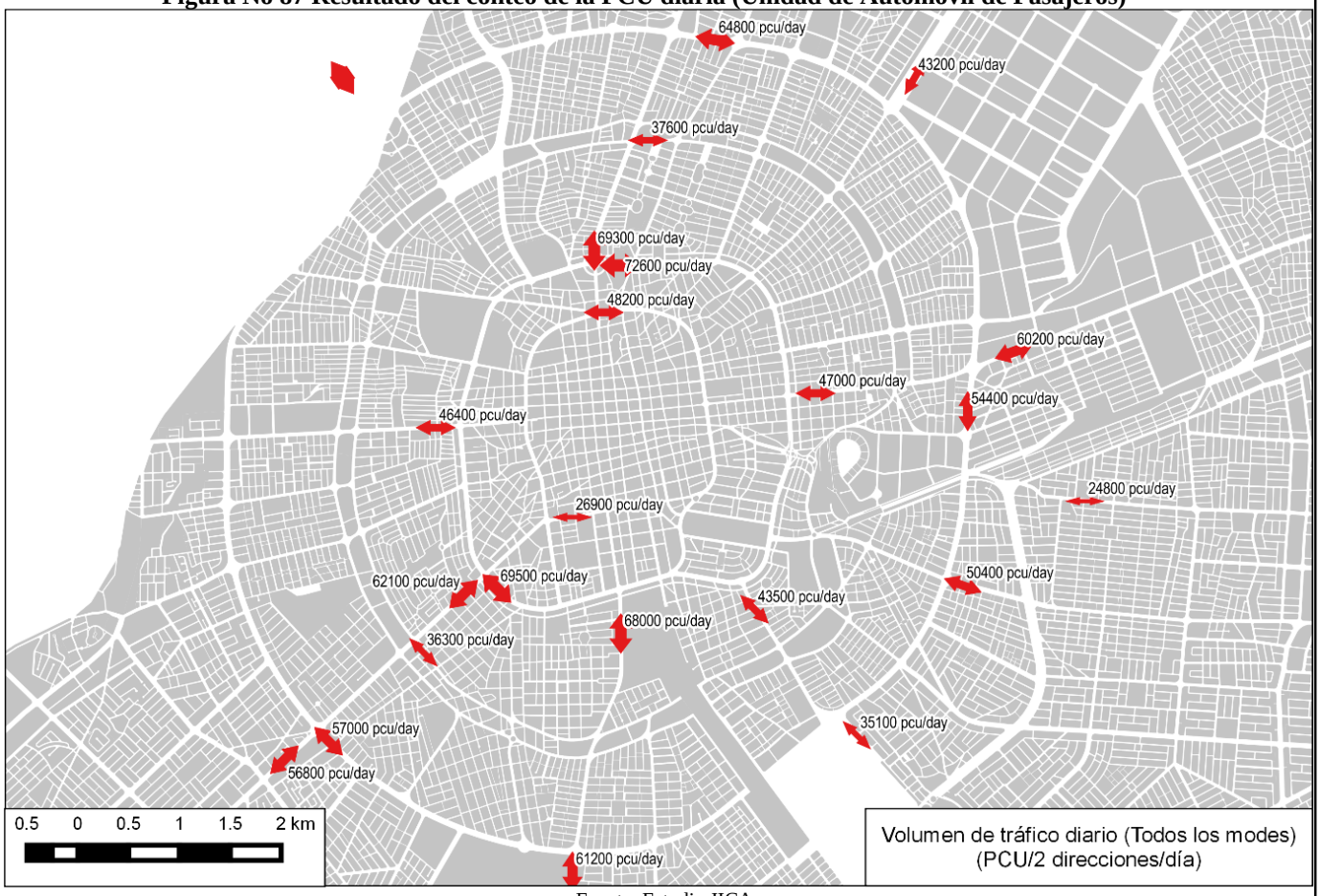
Fuente: Estudio JICA

13.2. Conteos de tráfico clasificado por tipo de vehículo

13.2.1. Volumen de tráfico diario máximo

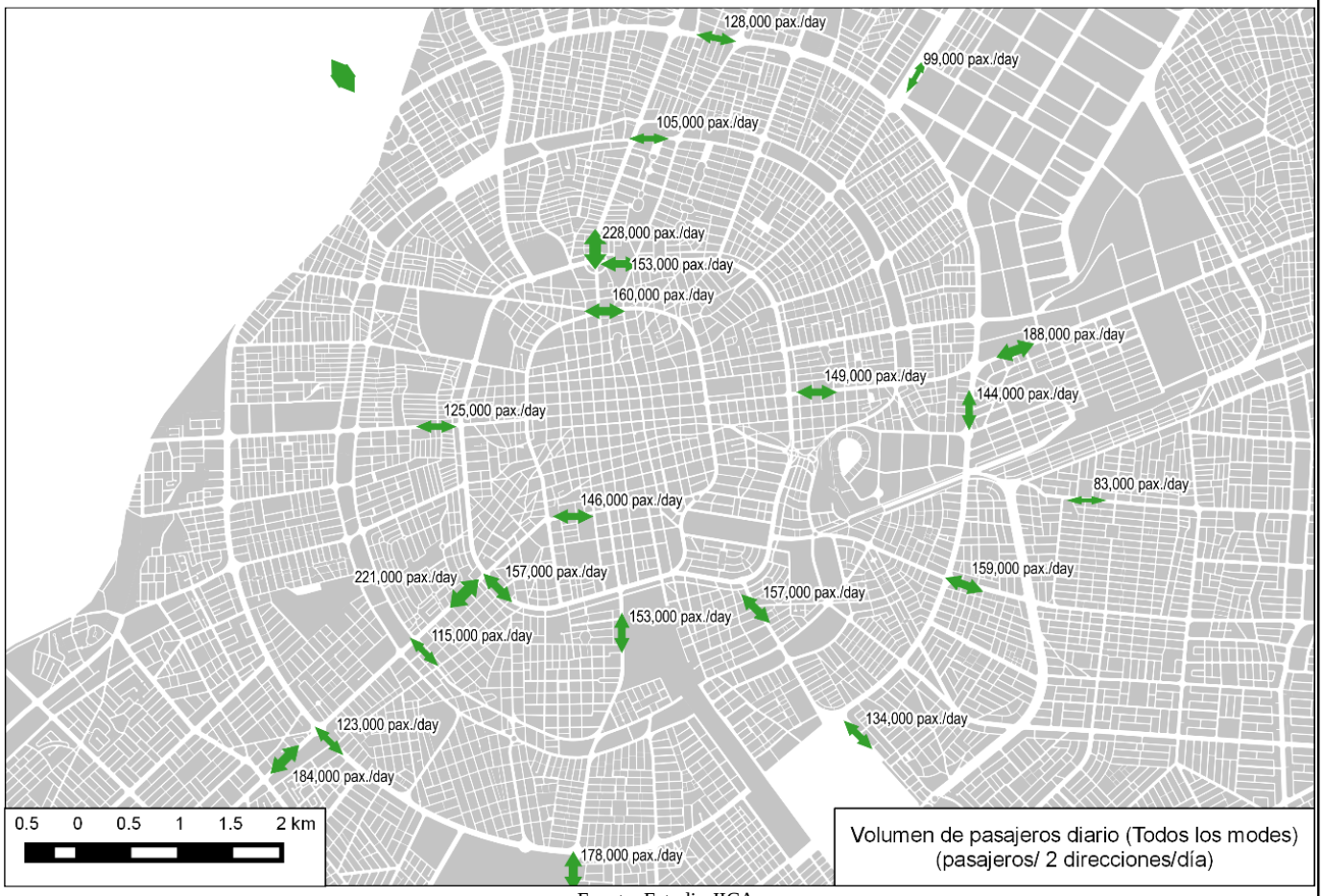
Las figuras 87 y 88 muestran el volumen diario de vehículos (PCU por sus siglas en inglés) y pasajeros. Estas figuras muestran que tanto los Anillos como las vías radiales son muy utilizados en las intersecciones del 2do Anillo con Av. Cristo Redentor, y 2do Anillo con Av. Grigotá.

Figura No 87 Resultado del conteo de la PCU diaria (Unidad de Automóvil de Pasajeros)



Fuente: Estudio JICA

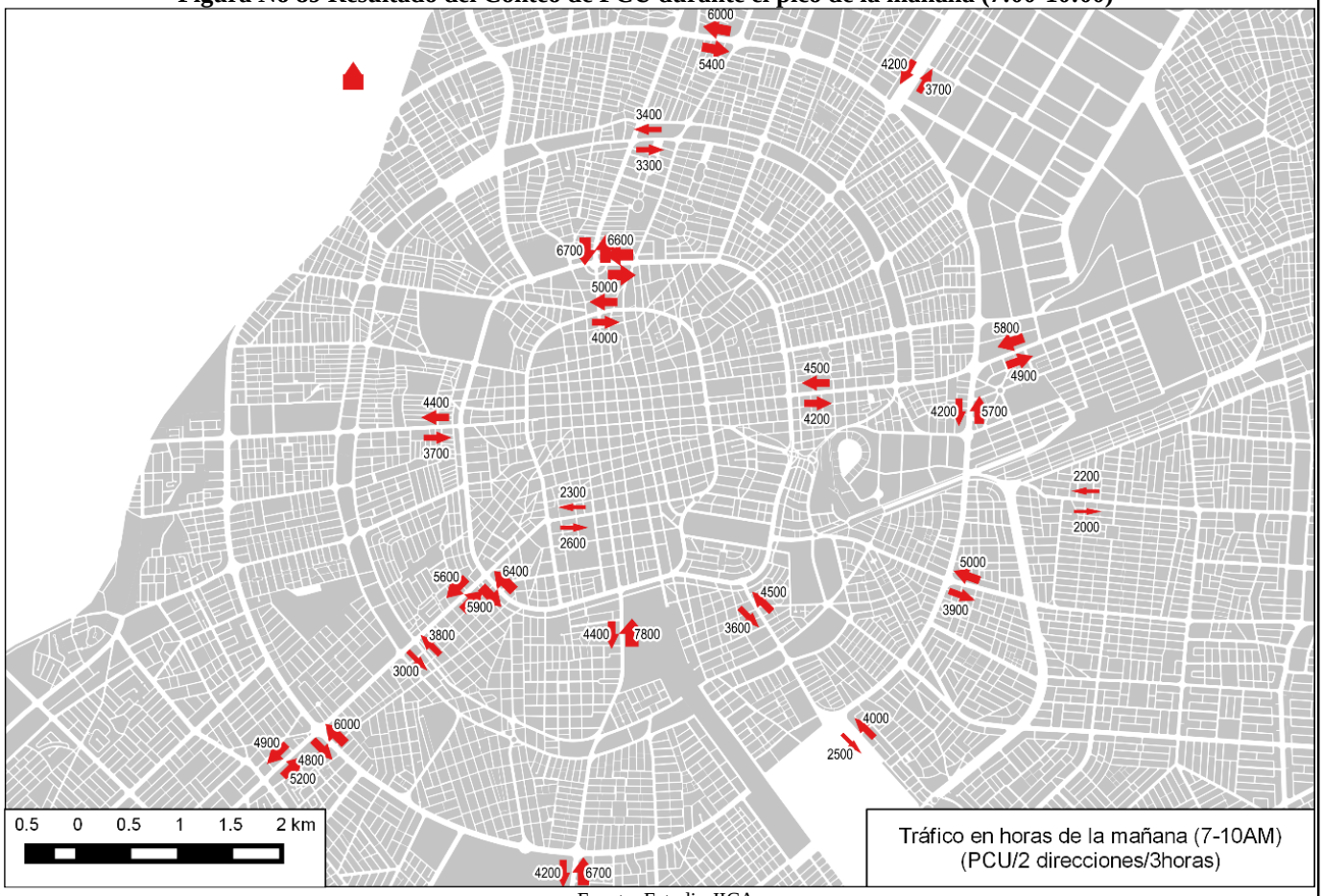
Figura No 88 Resultado del conteo de pasajeros diarios



Fuente: Estudio JICA

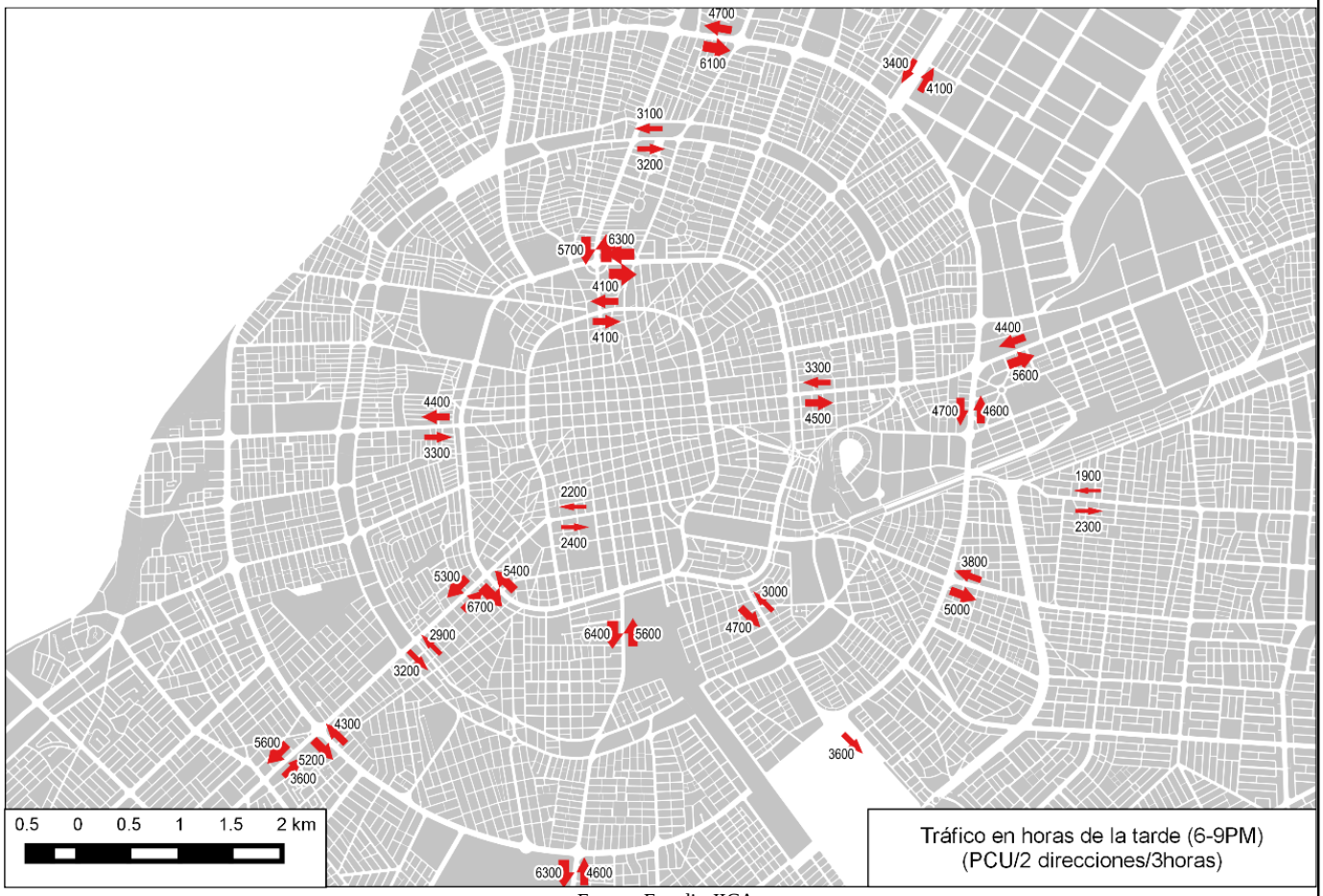
Las figuras 89 y 90 muestran el volumen de tráfico durante la mañana y la tarde en PCU. El volumen de tráfico por hora supera los 2.000 PCU/Dirección en los puntos más severos.

Figura No 89 Resultado del Conteo de PCU durante el pico de la mañana (7:00-10:00)



Fuente: Estudio JICA

Figura No 90 Resultado del Conteo de PCU durante el pico de la tarde (18:00-21:00)

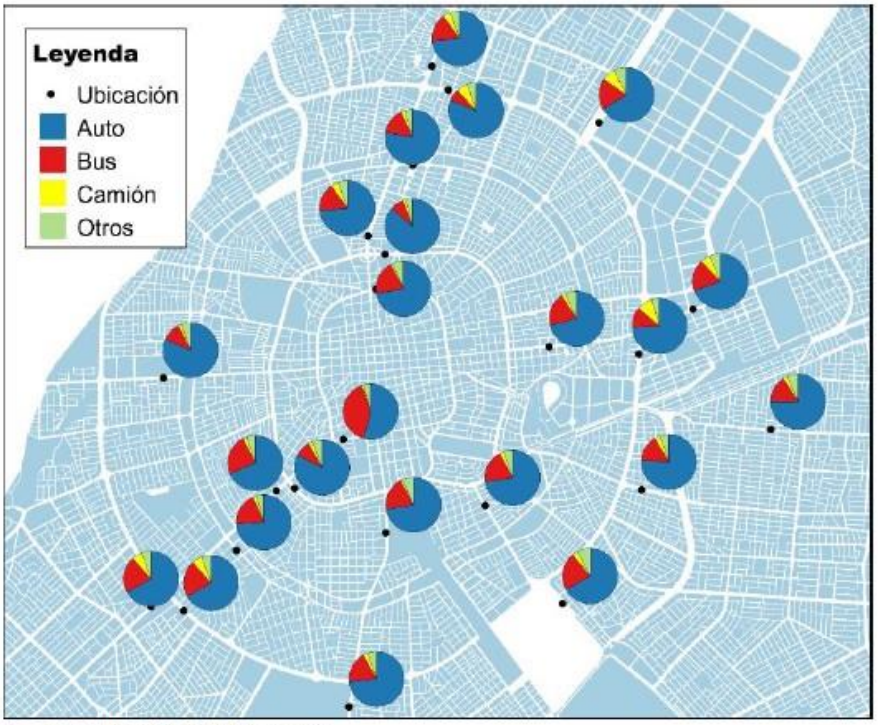


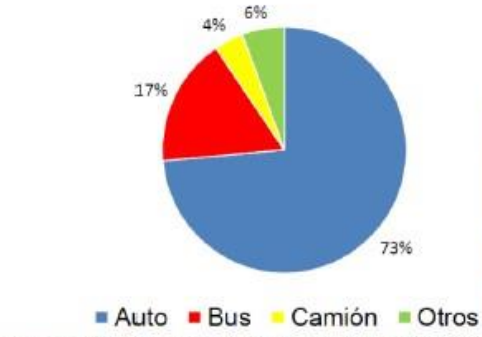
Fuente: Estudio JICA

13.2.2. Porcentaje de cada tipo de vehículo

La figura 91 muestra el porcentaje de cada tipo de vehículo. El transporte privado representa el 73% del tráfico total, seguido por los autobuses (17%), camiones (4%) y otros (6%). Respecto a la diferencia espacial, la proporción de camiones es mucho mayor en las vías arteriales fuera del 4to Anillo.

Figura No 91 Porcentaje por tipo de vehículo (Izq.: Resumen todas las ubicaciones, Der.: Ubicación de puntos)





Izquierda: Resumen de todas las ubicaciones, Derecha: Cada ubicación

Fuente: Estudio JICA

13.3. Actividad diaria

El objetivo de la encuesta de actividad diaria fue estimar con exactitud la tasa de producción de los viajes y verificar la tasa de producción de los viajes obtenida de la Encuesta de Viajes de Hogares. Esta encuesta consistió en que los encuestadores visitaron a las dos personas seleccionadas de los hogares seleccionados y las entrevistaron registrando secuencialmente en intervalos de 15 minutos todas las actividades y movimientos de un día en particular que podría ser un día martes, miércoles o jueves. El número de personas encuestadas fue de 1.800, en total 900 hogares los cuales fueron sub-muestreados de la HIS/CS. Dos personas fueron seleccionadas aleatoriamente por hogar.

13.3.1. Resultados

Se registraron los datos de las actividades de los encuestados y se extrajeron los datos de viaje de los datos de la actividad. Además, se combinaron los propósitos de viaje en los siguientes cinco propósitos enumerados en el cuadro 25.

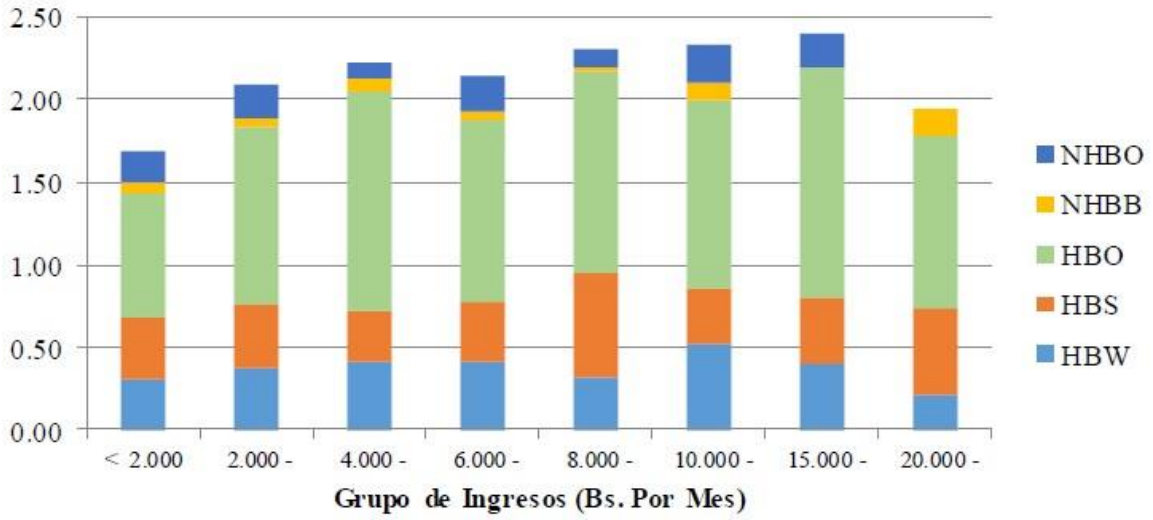
Cuadro No 25 Propósitos de viaje combinados y ejemplos

Propósito de viaje	Ejemplos de viajes
1) Trabajo Basado en el Hogar (TBH)	Vivienda a Trabajo (Lugar) , Trabajo (Lugar) a Vivienda
2) Educación Basada en el Hogar (EBH)	Vivienda a Escuela (Educación), Escuela a Vivienda
3) Otros Basados en el Hogar (OBH)	De vivienda a una tienda, un restaurante, un hospital, una casa de parientes o amigos
4) Negocio no Basado en el Hogar (NNBH)	Trabajo (lugar) para asistir a reuniones, lugares que no sean la vivienda (negocio) de vuelta al lugar de trabajo
5) Otros No Basados en el Hogar (ONBH)	Lugar de trabajo/Escuela a una tienda, un restaurante, un hospital, una casa de parientes o amigos

Fuente: Estudio JICA

Las tasas de producción de viajes son calculadas por propósito de viaje y por ingresos del hogar como se ilustra a seguir.

Figura No 92 Tasas de viaje por propósito de viaje por grupo de ingresos basados en la encuesta de actividad diaria



Fuente: Estudio JICA

Las tasas de viaje por propósito del viaje se calcularon en base a los datos de actividad obtenidos de la Encuesta de Actividad Diaria. En comparación con las tasas de viaje obtenidas de la Encuesta de viajes de hogares, los factores de ajuste se estiman para dos propósitos de viaje, el negocio no basado en el hogar y otros no basados en el hogar como se muestra en el cuadro 26.

Cuadro No 26 Comparación de las tasas de viaje y factores de ajuste

Propósito de viaje	Grupo de ingresos	Tasas de viaje		Factores de Ajuste
		Encuesta de viaje de hogares	Encuesta de actividad diaria	
Negocios no Basados en el Hogar	Bajo	0.008	0.067	8.114
	Medio	0.011	0.045	4.168
	Alto	0.005	0.098	18.239
Otros no Basados en el Hogar	Bajo	0.070	0.150	2.135
	Medio	0.083	0.181	2.166
	Alto	0.121	0.148	1.224

Nota: el grupo de ingresos bajos consiste en hogares con un ingreso mensual menor a 6.000 Bs. El ingreso mensual del grupo de ingresos medios está entre 6. 000 Bs y 10.000 Bs. El ingreso mensual del grupo de ingresos altos es de 10.000 Bs o mayor.

Fuente: Estudio JICA

13.4. Transporte de carga

13.4.1. Metodología

Se recolectó la información de la empresa seleccionada mediante entrevistas con la persona a cargo de las empresas. La información sobre los movimientos de camiones fue recolectada mediante correos y visitas personales. En esta encuesta, se recolectó la siguiente información.

1) Información de la Empresa

- Ubicación de la Fábrica o Almacén
- Actividades o negocios que realiza
- Número de trabajadores en la fábrica o almacén
- Área de sitio/Área techada

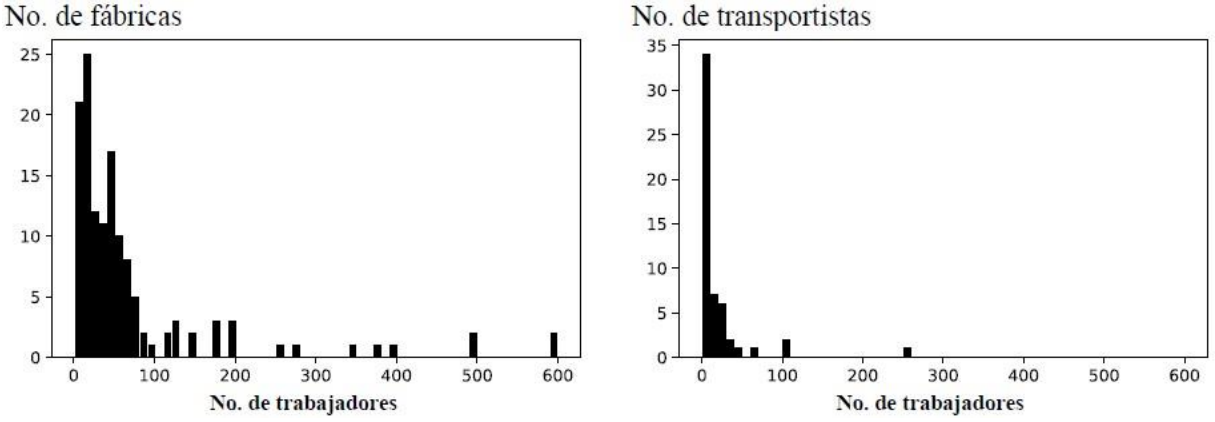
2) Viajes de Vehículos Relacionados a Bienes

- Origen/Destino de los viajes por tipo de vehículo
- Frecuencia de viajes por tipo de vehículo
- Fluctuación mensual de cantidad de viajes

13.4.2. Muestras

Se contactaron a 200 empresas, incluyendo: (1) Fábricas de manufacturas, (2) Empresas de camiones/agentes de cargas, y otras empresas en el área de estudio. La figura 93 muestra la distribución de las muestras recolectadas por tamaño de la empresa en función de la cantidad de trabajadores.

Figura No 93 Distribución de muestra de la Encuesta de Transporte de cargas



Fuente: Estudio JICA

13.4.3. Resultados

El cuadro 27 muestra los porcentajes de vehículos que generan desde las instalaciones de las empresas entrevistadas. Debido a la naturaleza de su actividad, los movimientos de camiones son la principal generación y atracción de viajes de las fábricas, aunque los viajes de camiones pequeños (Camionetas/furgonetas) responden al 32.8%.

La diferencia entre las características de viajes entre las fábricas y empresas de transporte de cargas es significativa. No se encontró la correlación entre el número de viajes de vehículos y el número de empleados ni entre el número de viajes de vehículos y el área de la oficina.

Cuadro No 27 Composición del tipo de vehículo de generación de viaje

(Unidad: %)

	Automóvil	Camioneta/furgoneta	Camión 2-ejes	Camión grande	Otros camiones
Fábricas	9.6	32.8	28.5	11.5	17.6
Empresas de Transporte de cargas	2.9	15.9	15.4	55.8	10.0
Total	8.2	29.3	25.8	20.7	16.0

Fuente: Estudio JICA

Cuadro No 28 Todos los viajes divididos por la suma de la cantidad de trabajadores o área

Tipo de Vehículos	Unidad	Fábricas	Empresa de Transporte de cargas	Total
Automóvil	Por trabajador	0.088	0.121	0.091
	Por área (ha)	3.22	21.7	3.53
Camión	Por trabajador	0.130	0.522	0.166
	Por área (ha)	4.81	92.0	6.37
Total	Por trabajador	0.218	0.643	0.257
	Per área (ha)	8.03	114	9.90

Fuente: Estudio JICA

Las tasas de viaje promedio se calculan como se muestra en el cuadro que sigue.

Cuadro No 29 Tasa promedio de viaje

Tipo de vehículos	Unidad	Fábricas	Empresa de Transporte de cargas	Total
Automóvil	Por trabajador	0.252	0.165	0.227
	Por área (ha)	54.6	111	66.0
Camión	Por trabajador	0.289	1.14	0.534
	Por área (ha)	46.9	1399	394
Total	Por trabajador	0.541	1.31	0.761
	Por área (ha)	101	1510	460

Fuente: Estudio JICA

13.5. Movimiento de Camiones

Para obtener información sobre el movimiento de camiones, la empresa elaboradora del estudio contactó a 21 empresas, incluyendo las empresas manufactureras y de carga, de ellas, nueve empresas fueron seleccionadas como se muestra en el cuadro a seguir. Los criterios para la selección son los siguientes. Se recolectan datos de 50 camiones de las nueve empresas seleccionadas.

- Su camión se moviliza principalmente dentro del área de estudio.
- El tipo de bienes cubre una amplia variedad.
- El movimiento del camión varía y es diferente cada día de la semana.

Cuadro No 30 Lista de empresas

Empresa	Tipo	Empresa de Seguimiento en GPS	No. de Camiones	Tipo de Destino
1	Alimentación	A	15	Mercados, supermercados.
2	Bebida	C	30	Mercados, supermercados, tiendas y provincias.
3	Bebida	A	170	Mercados, supermercados y provincias.
4	Construcción	B	50	Empresas Constructoras
5	Bebidas	B	6	Mercados, supermercados, agencias.
6	Transporte	D	10	Dentro del área urbana y provincias.
7	Productos lácteos	A	50	Mercados, supermercados y provincias.
8	Plásticos	A	2	Mercados, supermercados.
9	Distribuidora	A	15	Mercados, supermercados y provincias.

Fuente: Estudio JICA

13.5.1. Resultados

13.5.1.1 Características del movimiento de camiones

Se recolectaron 1.218 viajes de camiones de los Registradores GPS. Los datos del estudio se recolectaron entre Julio y Septiembre del 2016. El cuadro que sigue muestra el resumen de los datos de movimientos de Camiones. El número de viajes promedio fue de 4,8 por día por camión mientras que la duración de viaje promedio fue de 25,5 km con un viaje promedio de 86 minutos.

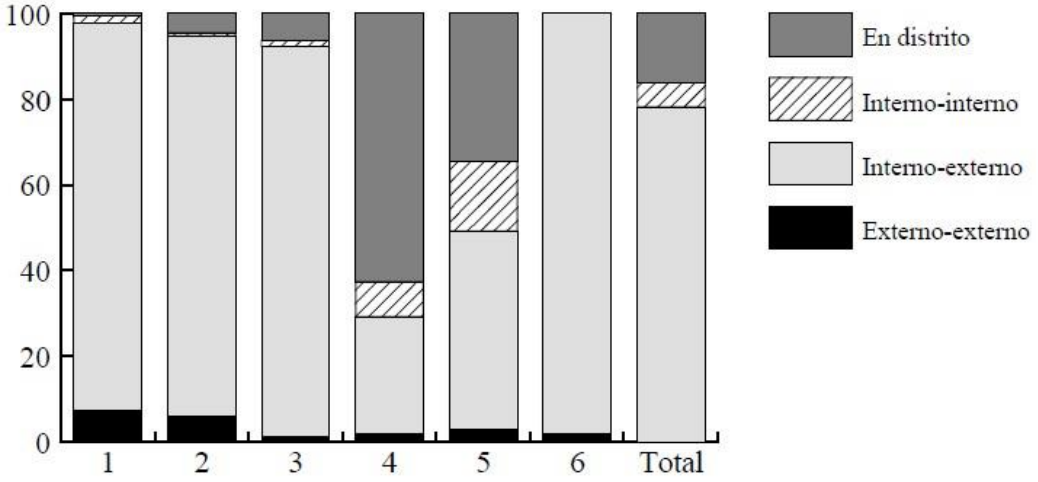
Cuadro No 31 Información resumida de los datos de movimientos de camiones

Empresa	Tipo	# de camiones para encuesta	# de camiones *día	# de viajes	Prom. # de viajes/día/camión	Prom. Duración de viaje (km)	Prom. Tiempo de viaje (Min)	Prom. Velocidad de viaje (kph)
1	Construcción	10	67	327	4.9	9.5	67	8.5
2	Comida	7	42	304	7.2	10.6	58	11.1
3	Productos lácteos	4	22	143	6.5	18.3	58	18.9
4	Transporte de carga	5	25	99	4.0	60.2	107	33.8
5	Bebidas	10	91	292	3.2	53.9	148	21.8
6	Bebidas	6	6	53	8.8	8.3	52	9.6
Total		**42**	**253**	**1,218**	**4.8**	**25.5**	**86**	**17.9**

Fuente: Estudio JICA

La figura 94 muestra la composición del origen y destino de los viajes. Los viajes dentro del Área del Proyecto representan aproximadamente el 80% de los viajes. Los viajes realizados por las empresas 4 y 5 tienen una distancia comparativamente más larga que las otras.

Figura No 94 Patrón de origen y destino de los camiones encuestados

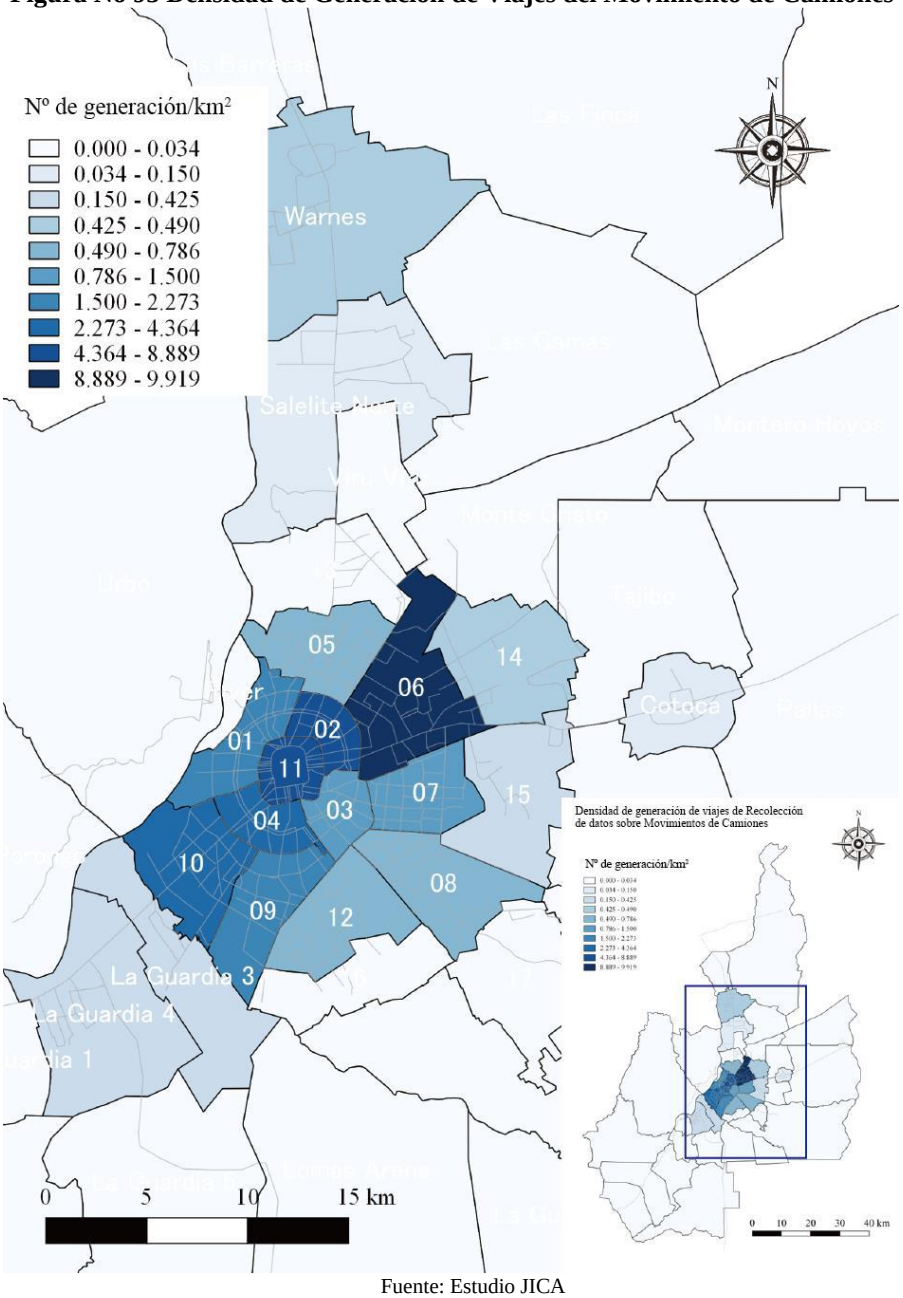


Fuente: Estudio JICA

13.5.1.2 Densidad de generación / atracción de los camiones

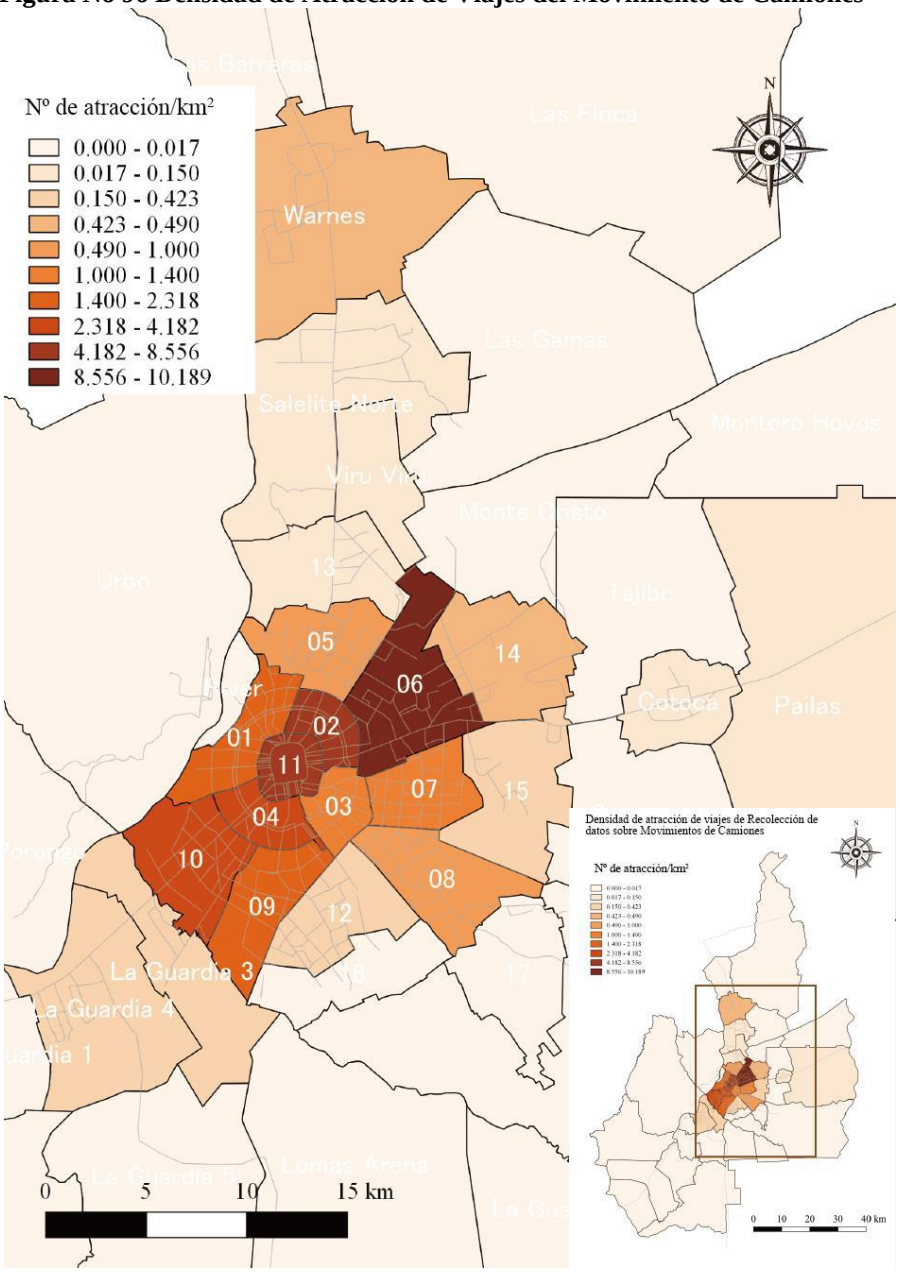
Las figuras a continuación muestran la densidad de la generación de viajes y atracción de viajes respectivamente. Ambos mapas muestran una tendencia similar. La zona industrial (Distrito 6) y el Distrito 10 tienen una generación y atracción más alta de viajes porque existen algunos centros de distribución de empresas. Aparte de eso, la generación y atracción están concentradas en el área dentro del 4to anillo, tal como el Distrito 1, 2, 4 y 11.

Figura No 95 Densidad de Generación de Viajes del Movimiento de Camiones



Fuente: Estudio JICA

Figura No 96 Densidad de Atracción de Viajes del Movimiento de Camiones

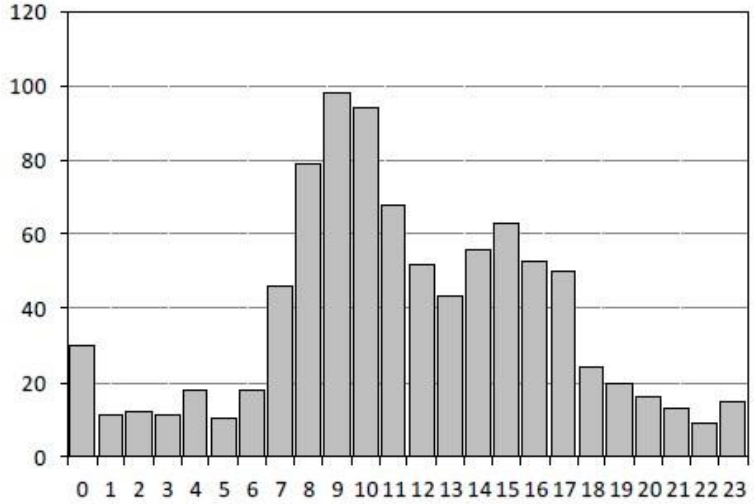


Fuente: Estudio JICA

13.5.1.3 Hora de salida de los camiones recolectados

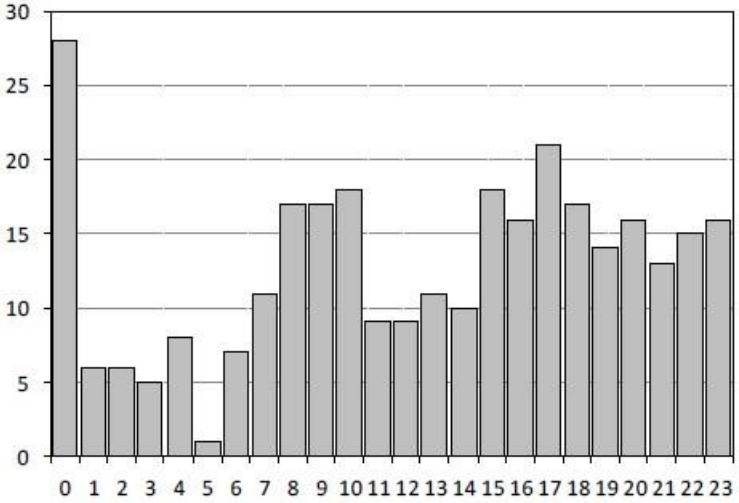
La figura 97 siguiente muestra la distribución de la hora de salida dentro del área del proyecto, mientras que la figura 98 muestra los viajes que cruzan o están fuera del área del proyecto. Hay un pico agudo entre las 8:00 y las 12:00 y un pico menos agudo entre las 14:00 y las 18:00 para los viajes dentro del Área del Proyecto. Por otro lado, aunque se observa un pico desde 0:00 a 1:00, hay un pico menos significativo para viajes de larga distancia.

Figura No 97 Distribución de las horas de salida de los viajes dentro del Área del Proyecto



Fuente: Estudio JICA

Figura No 98 Distribución de las horas de salida de los viajes que cruzan o están fuera del Área del Proyecto

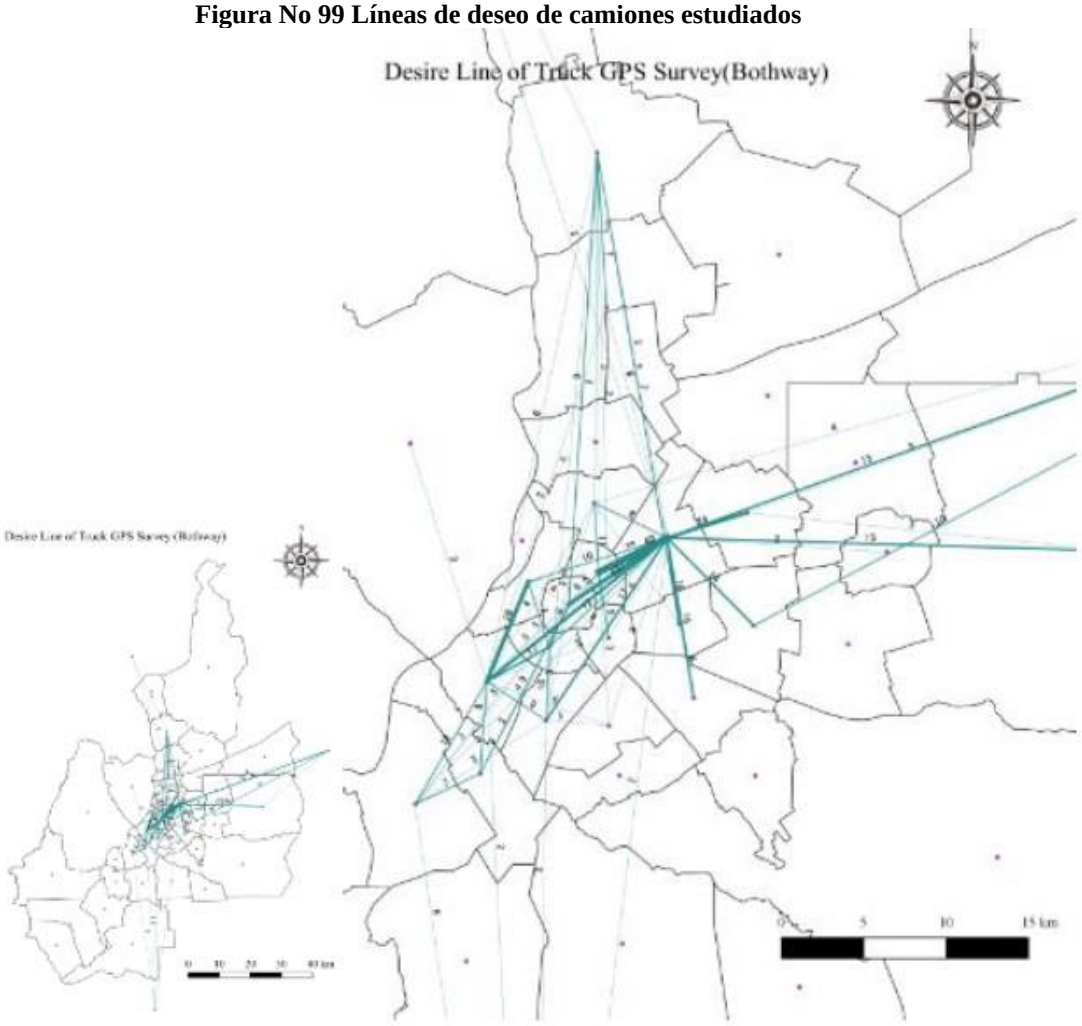


Fuente: Estudio JICA

13.5.1.4 Distribución de Viaje de los movimientos de camiones

La figura 99 muestra la línea deseada, de la recolección de datos sobre movimiento de camiones. Muestra que el distrito 6 y 10 son dos centros principales en el área del proyecto. Muchos camiones tienen viajes entre la dirección suroeste a noreste.

Figura No 99 Líneas de deseo de camiones estudiados



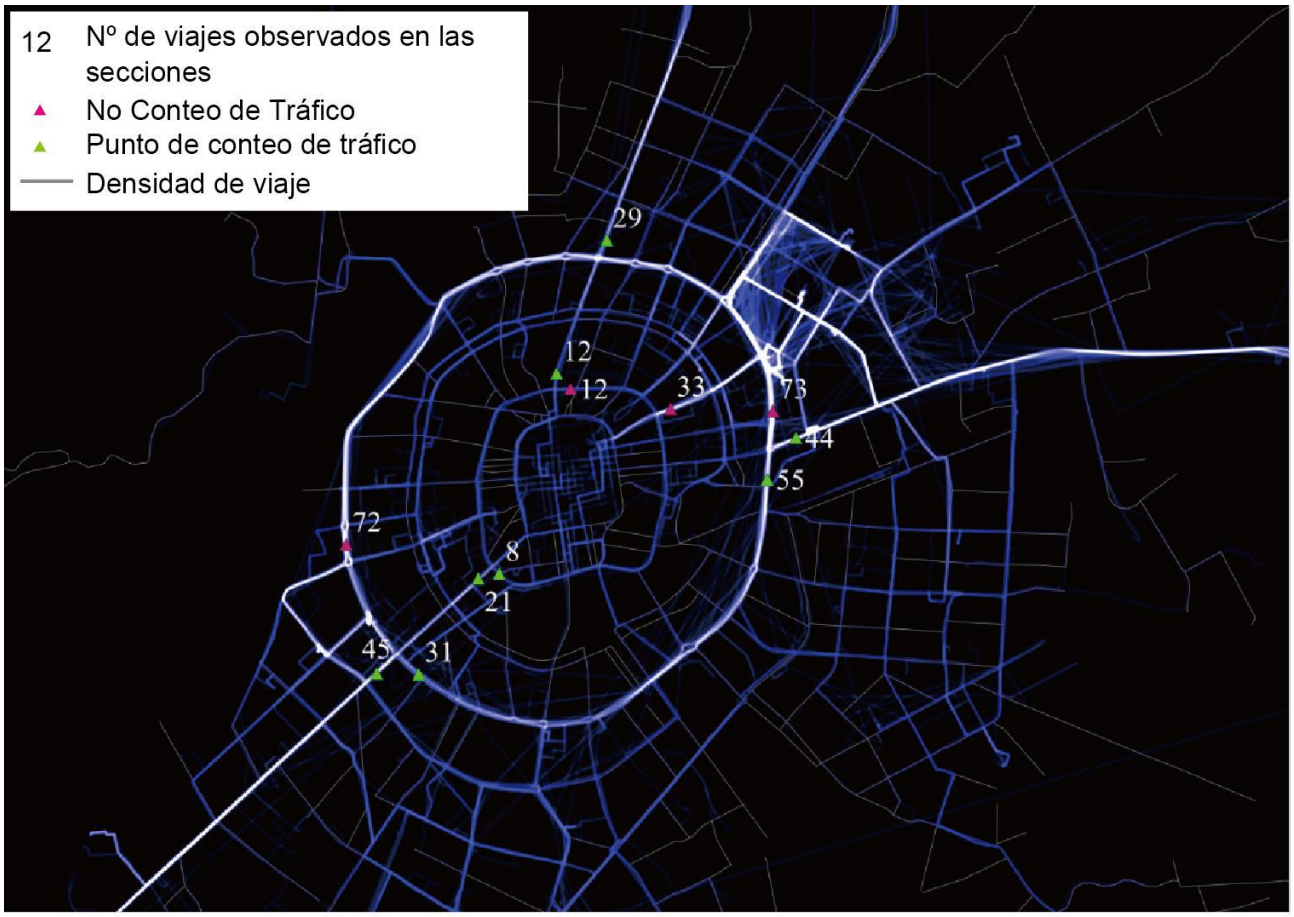
Fuente: Estudio JICA

13.5.1.5 Distribución de Viaje recolectado de camiones

La figura 100 muestra la trayectoria del registro de seguimiento GPS. Las líneas brillantes indican que la sección de la vía es muy utilizada por el tráfico de carga. Las tres vías radiales fuera del 4to Anillo y las calles alrededor de las vías industriales son las calles más utilizadas para el tráfico de cargas.

Los números en el mapa indican el número de viajes de camiones observados en cada sección. Algunos puntos se seleccionan de los puntos de encuesta del conteo de tráfico, que se muestran como puntos verdes en el mapa.

Figura No 100 Trayectoria de los vehículos de carga en el área central



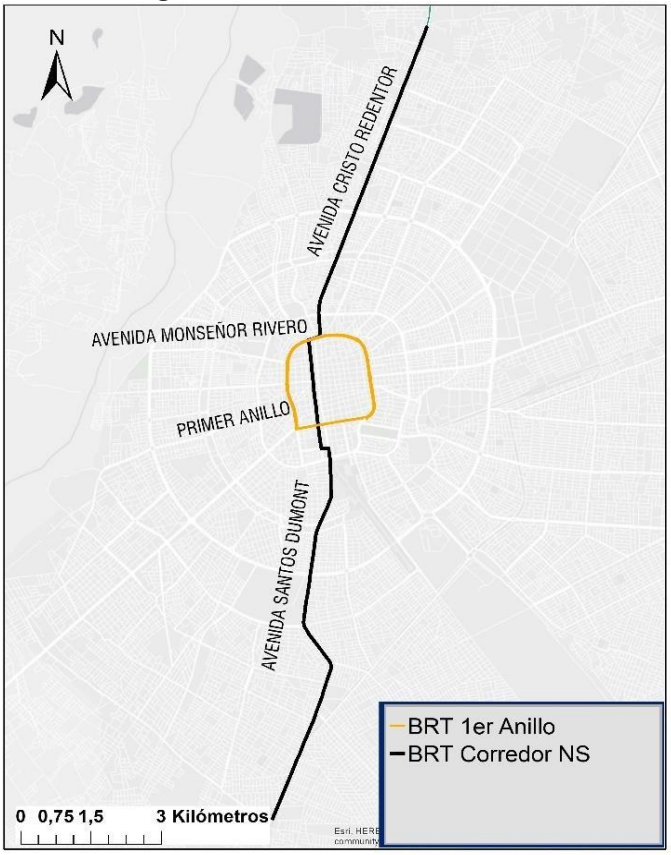
Fuente: Estudio JICA

14. ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, FINANCIERA, LEGAL, SOCIAL Y AMBIENTAL PARA LA OPERACIÓN DE LA FASE 1 DEL NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE BUS RAPID TRANSIT (BRT) EN SANTA CRUZ DE LA SIERRA (2020)

Este estudio identifica a la Fase 1A al proyecto de BRT que va por el Primer Anillo y la Fase 1B que va por el Corredor Norte – Sur. Se considera el trazado inicialmente sugerido para el Corredor Norte-Sur en el estudio de JICA.

El presente resumen muestra los resultados encontrados por el estudio sobre la demanda actual del servicio de transporte público en el Corredor Norte-Sur (CNS) de la ciudad comprendido como las avenidas Cristo Redentor y Monseñor Rivero al norte del segundo anillo y la Avenida Santos Dumont al sur del mismo, así como un análisis de las estimaciones de demanda futura realizadas para el sistema.

Figura No 101 Corredor Norte - Sur



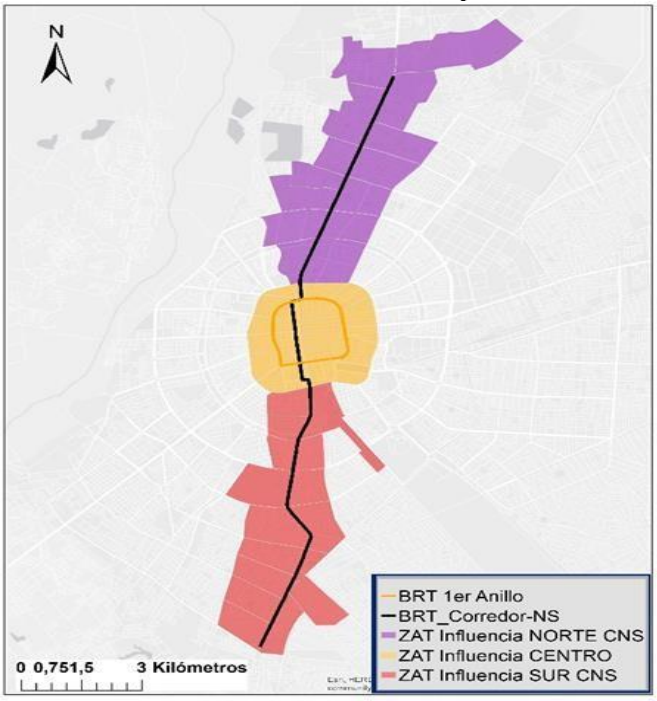
Fuente: IDOM

14.1. Consideraciones preliminares y metodológicas

Las primeras exploraciones de los datos de demanda confirman que los mayores valores de carga de viajes en transporte público se dan en los tramos más cercanos al centro, en especial entre el 4º y el primer Anillo de las Avenidas Cristo Redentor y Monseñor Ribero al norte y la Avenida Santos Dumont al sur, debido a la elevada presencia de comercio, empleos, instituciones educativas y demás equipamientos de interés en las zonas al interior del segundo anillo. Esto convierte su área de influencia en una zona de importante atracción de viajes desde zonas residenciales, que se encuentran mayoritariamente al suroccidente, oriente y norte de la ciudad. Los valores de pasajeros más altos en transporte público se dan desde el norte y el sur de la ciudad a la altura del tercer y cuarto anillo dirigiéndose hacia la zona céntrica de la ciudad.

Para los cálculos de demanda, se definió un área de influencia del CNS, que cubre las zonas de transporte más cercanas de la traza del corredor, y sobre las cuales se hizo un análisis de la demanda de las rutas existentes sobre el corredor Norte Sur de la ciudad. Los resultados del análisis de las distintas fuentes de información indican que se hacen durante todo el día 81.963 viajes al día de transporte público dentro del área de influencia del CNS. El área de influencia del CNS está dividido en tres zonas: norte (en morado), centro (en amarillo) y sur (en rojo).

Figura No 102 Área de influencia del Corredor Norte – Sur para determinación de la demanda

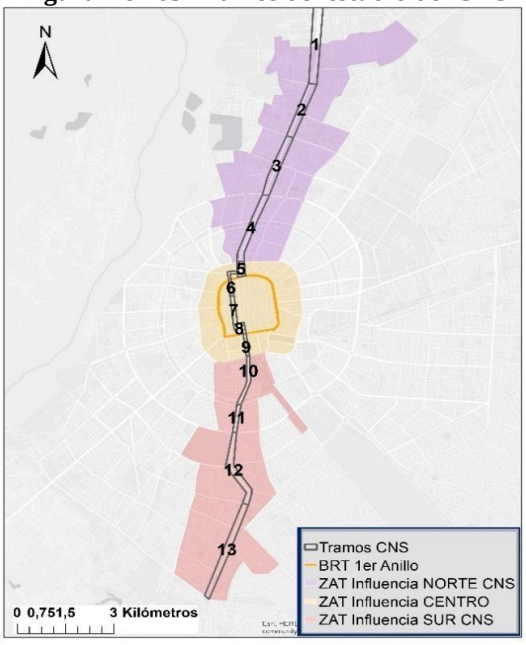


Fuente: IDOM

El área de influencia del CNS son todas aquellas ZAT que tocan el trazado, como se mostró en la figura precedente. Estas ZAT son utilizadas para hacer el análisis de demanda al ser zonas de demanda directa al corredor, sin dejar de lado los volúmenes de pasajeros que se originan en zonas diferentes a estas. La zona de influencia del primer anillo se compone de todas las ZAT contenidas dentro del primer anillo y las que se ubican entre este anillo y el segundo anillo. Como se ha comentado el área de influencia del primer anillo contiene una gran cantidad de empleos, convirtiéndose en un gran centro atractor de la ciudad, intensificado por la presencia de equipamientos como la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, la zona hospitalaria, el mercado Los Pozos, el mercado de La Ramada al suroccidente del primer anillo y diferentes colegios.

Para simplificar el análisis de los valores de demanda a lo largo del CNS se segmentó la longitud total de 19,5 kilómetros en 13 tramos representativos por tipo de derecho de vía, número de líneas de transporte público actuales atendiendo la demanda y número de intersecciones en el tramo. El tramo 1 llega hasta la altura del aeropuerto Viru Viru para incluir en el análisis de demanda los pasajeros que vienen desde estas zonas. Esta segmentación de tramos se realizó con base en el trazado inicialmente propuesto por el Plan Maestro de Movilidad de JICA y se muestra en la figura de tramos de estudio. Al interior del primer anillo se seleccionó un tramo en dirección norte y otro en dirección sur debido a que las vías del centro histórico son en su mayoría unidireccionales. Sin embargo; los valores de demanda que se consideraron contemplan varias alternativas para atender la demanda de pasajeros de transporte público que atraviesa el centro histórico.

Figura No 103 Tramos del estudio del CNS



Fuente: IDOM

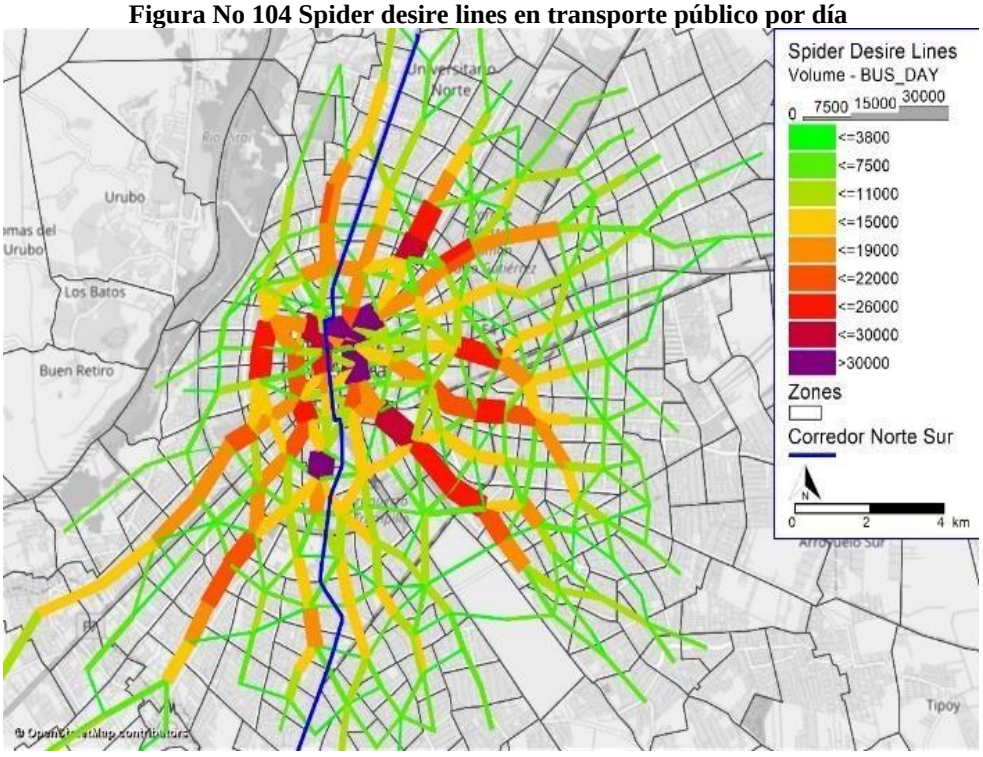
14.2. Demanda actual en el CNS

14.2.1. Patrones de viaje en transporte público en el área de influencia del CNS

IDOM desarrolló una herramienta que permite realizar análisis espaciales de patrones de viajes, movilidad global y movilidad específica de cualquier modo de transporte. Esta herramienta calcula cuál sería la ruta más corta de los viajes según su origen y destino a través de una red ficticia creada entre los centroides de las zonas de transporte. Dado que es una red ficticia es simplemente una aproximación de la cantidad de viajes que transitarían por cierta zona de la ciudad y la concentración de los mismos en determinados periodos de tiempo. Este análisis de modelación de viajes se conoce comúnmente en inglés como Spider Desire Lines (SDL), debido a la forma de araña que toman las líneas en el mapa al mostrar los volúmenes de viajes entre zonas. Su aplicación es muy útil expresamente para identificar zonas de la ciudad que están produciendo o atrayendo la mayor cantidad de viajes respecto a otras zonas y que las vías que conectan dichas zonas con alta probabilidad estarían recibiendo los volúmenes que se calculan en la red ficticia.

Las figuras siguientes muestra la asignación de viajes en transporte público durante el día en la red ficticia de la ciudad. Los corredores de mayor demanda de viajes en transporte público provienen del centro de la ciudad hacia las zonas orientales donde hay una alta densidad poblacional, hacia el nororiente de la ciudad donde hay expansión de zonas residenciales de baja densidad y hacia el sur en menor medida muy cerca de la Av. Santos Dumont y la Avenida Grigotá. Durante la hora pico se observa que pueden llegar a haber volúmenes horarios de hasta 12.000 pasajeros desde el sur como también desde el oriente hacia el centro.

Figura No 104 Spider desire lines en transporte público por día



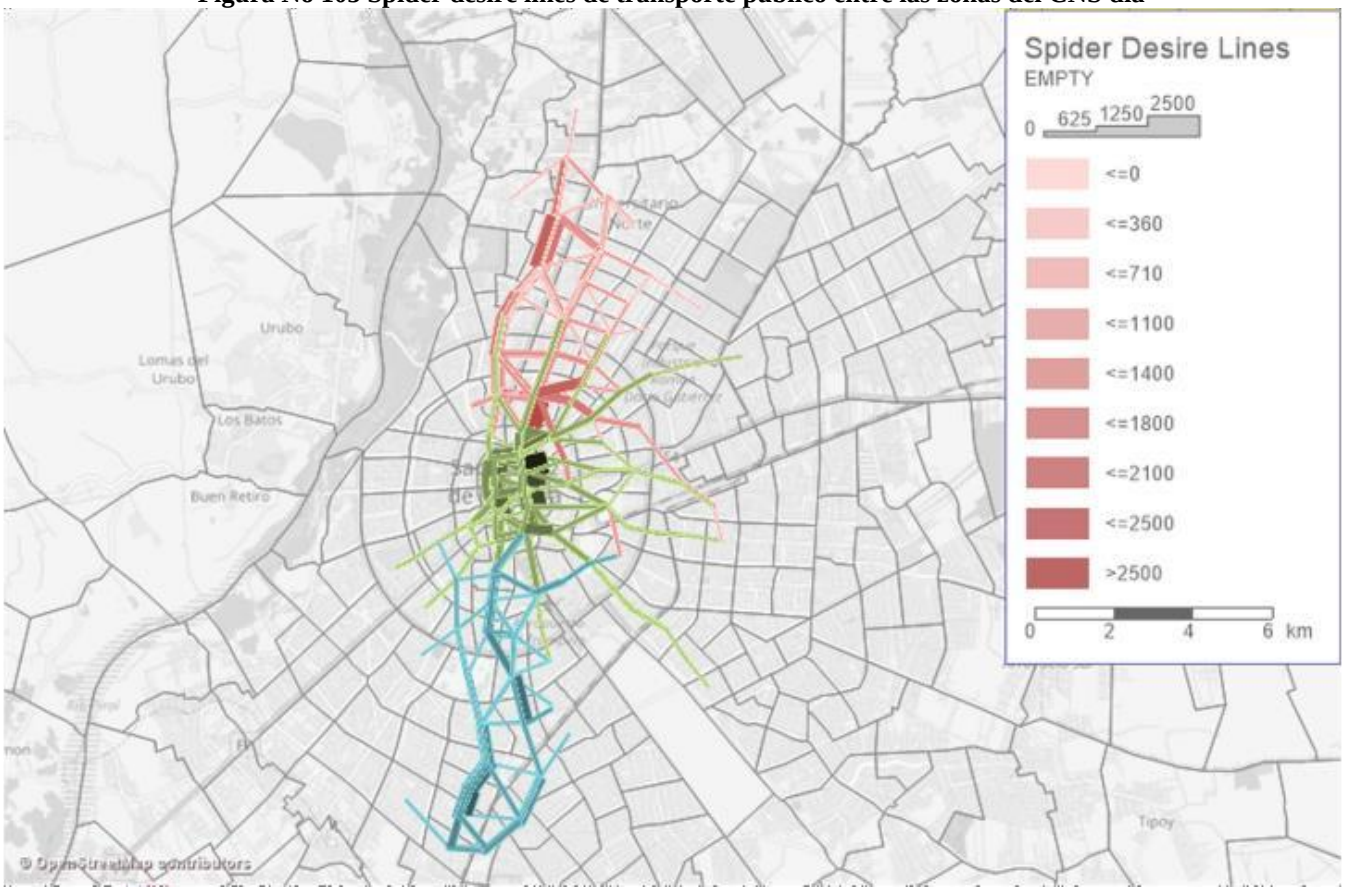
Fuente: IDOM

Para la zona norte (en rojo) se aprecia que las líneas de deseo de las zonas de transporte por encima del 4º anillo no alcanzan significativamente el centro, indicando que los viajes se producen con un carácter interno a la zona norte. Sin embargo, al analizar la asignación de los flujos de pasajeros de las zonas entre el 2º y 4º anillo, se denotan relaciones que atraviesan desde la zona norte hasta el centro e incluso el sur, antes del 4º anillo.

La zona centro (en verde) muestra un comportamiento más diversificado al recibir, sus zonas de transporte, viajes de un mayor número de áreas de la ciudad. En lo relativo al CNS, de nuevo se identifica, que las principales relaciones, se dan entre zonas comprendidas dentro del 4º anillo.

Por último, la zona sur (en cian) muestra claramente que las principales relaciones de movilidad se dan de una forma interna a las zonas de ese sector, y en cierta medida con el centro de la ciudad, marcando claramente la importancia de los viajes internos al sector.

Figura No 105 Spider desire lines de transporte público entre las zonas del CNS día



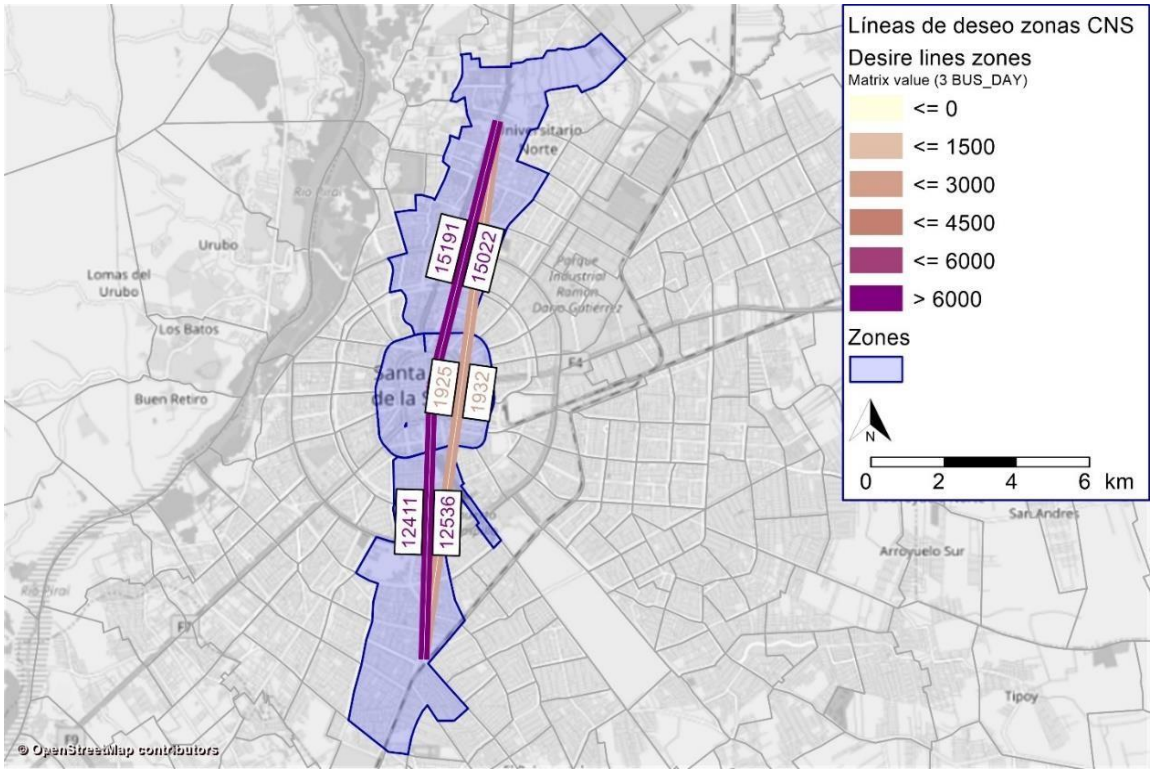
Fuente: IDOM

14.2.2. Análisis de la demanda

14.2.2.1 Distribución horaria y espacial de la demanda

Como se identificó en los primeros análisis de las Spider Desire Lines, la interacción de viajes en transporte público entre los sectores NORTE y SUR y viceversa es relativamente baja respecto a los viajes que se dan internamente en el sector NORTE y en el sector SUR, así como los viajes que se dan desde y hacia el centro durante el día. En la figura a seguir se muestra las líneas de deseo de los tres sectores de influencia, donde claramente se observa que entre NORTE y CENTRO y SUR y CENTRO, los viajes al día alcanzan entre los 25.000 y los 31.000 pasajeros, mientras que entre NORTE y SUR, solo 4.000 pasajeros al día.

Figura No 106 Líneas de deseo entre las tres zonas NORTE, CENTRO y SUR del CNS



Fuente: IDOM

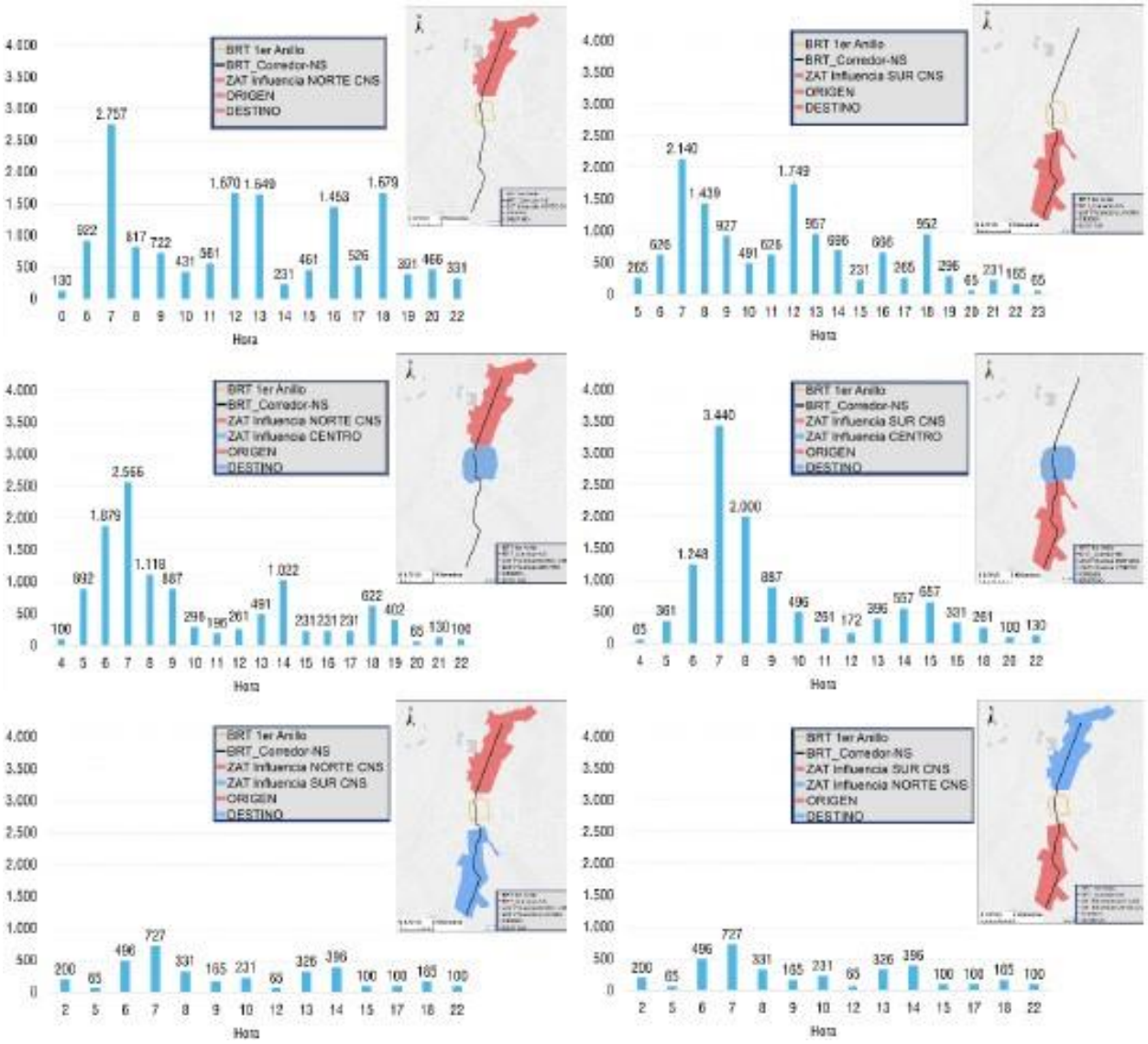
En la figura 107 se muestra los orígenes de viajes desde el sector SUR y NORTE hacia ellos mismo y hacia el resto de sectores. Se indica para cada mapa, el sector de origen en rojo, y en azul el sector de destino. Si no hay sector indicado en azul significa que son los viajes internos.

Se muestran los viajes en transporte público desde el NORTE del CNS, donde se identifica que los viajes internos tienen una importancia significativa, donde el pico de las 7:00h es el casi el doble de los viajes en los otros dos picos. Además, los viajes al centro son muy significativos igualmente. Esta situación se repite para los viajes desde el SUR del CNS.

Figura No 107 Distribución horaria y espacial de la demanda de transporte público en año base desde sector NORTE hacia el resto (izq.) y desde sector SUR hacia el resto (der.) del CNS

Total día	NORTE CNS	CENTRO 1ER ANILLO	SUR CNS
NORTE CNS	15.198	11.720	3.137

Total Día	NORTE CNS	CENTRO 1ER ANILLO	SUR CNS
SUR CNS	3.468	11.362	12.855

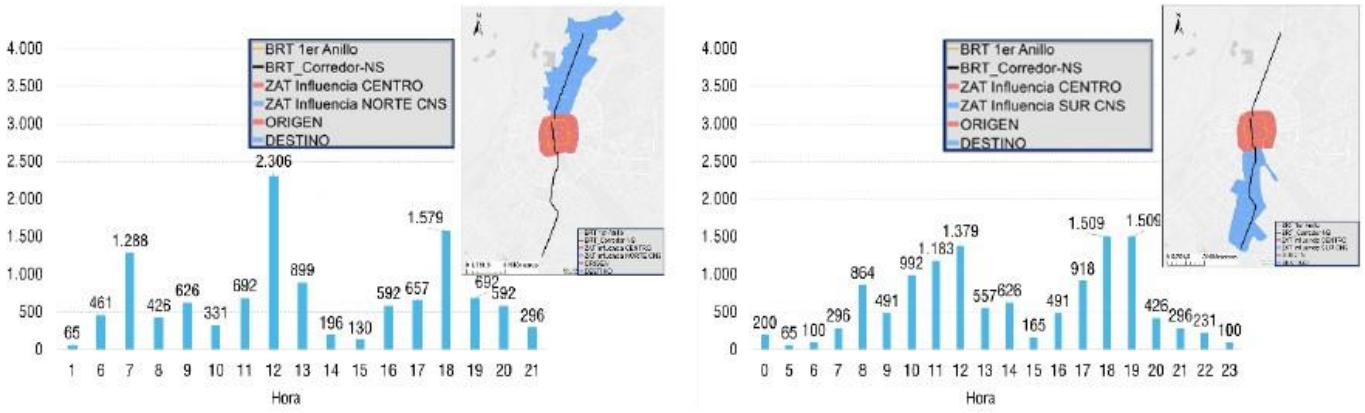


Fuente: IDOM

Se observa un pico de viajes marcado a las 7:00h, principalmente llegando al centro, que alcanza valores cercanos a los 6.000 pasajeros/hora desde ambos sectores hacia el centro. Sin embargo, los viajes entre los sectores NORTE y SUR son más reducidos como se puede observar en las dos últimas gráficas.

La siguiente figura ilustra la interacción de viajes entre la zona CENTRO y las zonas NORTE y SUR. Los viajes que se dan entre la zona CENTRO y la zona NORTE tienen pico a las 12:00h, a diferencia de la interacción entre la zona CENTRO y la SUR que se da hacia las 18:00h y 19:00h. Esto indica que hay más personas que trabajan o estudian en el centro con necesidades de trasladarse a sus casas a almorzar durante el pico de mediodía hacia el norte que hacia las zonas residenciales del sur.

Figura No 108 Distribución horaria y espacial de la demanda de transporte público en año base desde sector CENTRO hacia el NORTE (izq.) y hacia el SUR (der.)



Fuente: IDOM

En el cuadro 32 se resume la cantidad de viajes en transporte público extraídos de la matriz de viajes que se da entre los tres sectores en los que se clasificó el CNS y el resto del área metropolitana. Los viajes internos al sector CENTRO (del segundo anillo hacia adentro) son los de mayor cantidad, alcanzando los 23.911 viajes al día. Estos viajes serían demanda principalmente del corredor del Primer Anillo. Además, como se comentó en la estructuración del Primer Anillo, este asumirá transbordos de líneas intermunicipales que hoy en día recorren la Avenida Cañoto, asumiendo demanda que proviene de fuera del sector CENTRO, en parte del CNS, además de la demanda de los Trufis.

A nivel de matrices de movilidad en transporte público extraídas de la encuesta de hogares para el año base, al analizar los viajes desde los sectores NORTE y SUR hacia ellos mismos (intrasectoriales) y hacia el resto de sectores (intersectoriales) incluyendo el CENTRO, se alcanzan los 81.963 viajes al día, marcados en cian en la en el cuadro a seguir.

Cuadro No 32 Pasajeros en transporte público entre sectores CNS y resto del Área Metropolitana en el año base

	NORTE CNS	CENTRO	SUR CNS	RESTO AM*	AM* TOTAL
NORTE CNS	15.198	11.720	3.137	54.601	84.656
CENTRO	11.825	23.911	12.398	153.273	201.407
SUR CNS	3.468	11.362	12.855	41.371	69.056
RESTO AM*	53.771	156.306	39.829	1.009.804	1.259.710
AM* TOTAL	84.262	203.299	68.219	1.259.049	1.614.829

*AM = AREA METROPOLITANA

Fuente: IDOM

En el cuadro 33 se aprecia como del análisis específico de las matrices de viajes en transporte público de los tres sectores del CNS, el 18,5% de los subidos permanecen dentro del sector NORTE, y el 15,7% en el SUR, con lo que 34,2% de la demanda se quedaría dentro de los sectores externos. En cambio, las relaciones NORTE-SUR alcanzan solo el 8,1% de los viajes. Por último, la demanda de los sectores NORTE y SUR hacia el centro representa el 57,7% de los viajes de las zonas de transporte del área de influencia, sin contar los internos a la zona centro.

Cuadro No 33 Pasajeros subidos (en %) en transporte público entre sectores CNS y resto del Área Metropolitana en el año base

	NORTE CNS	CENTRO	SUR CNS	TOTAL
NORTE CNS	18,5%	14,3%	3,8%	36,7%
CENTRO	14,4%	0,0%	15,1%	29,6%
SUR CNS	4,2%	13,9%	15,7%	33,8%
TOTAL	37,2%	28,2%	34,6%	81.963

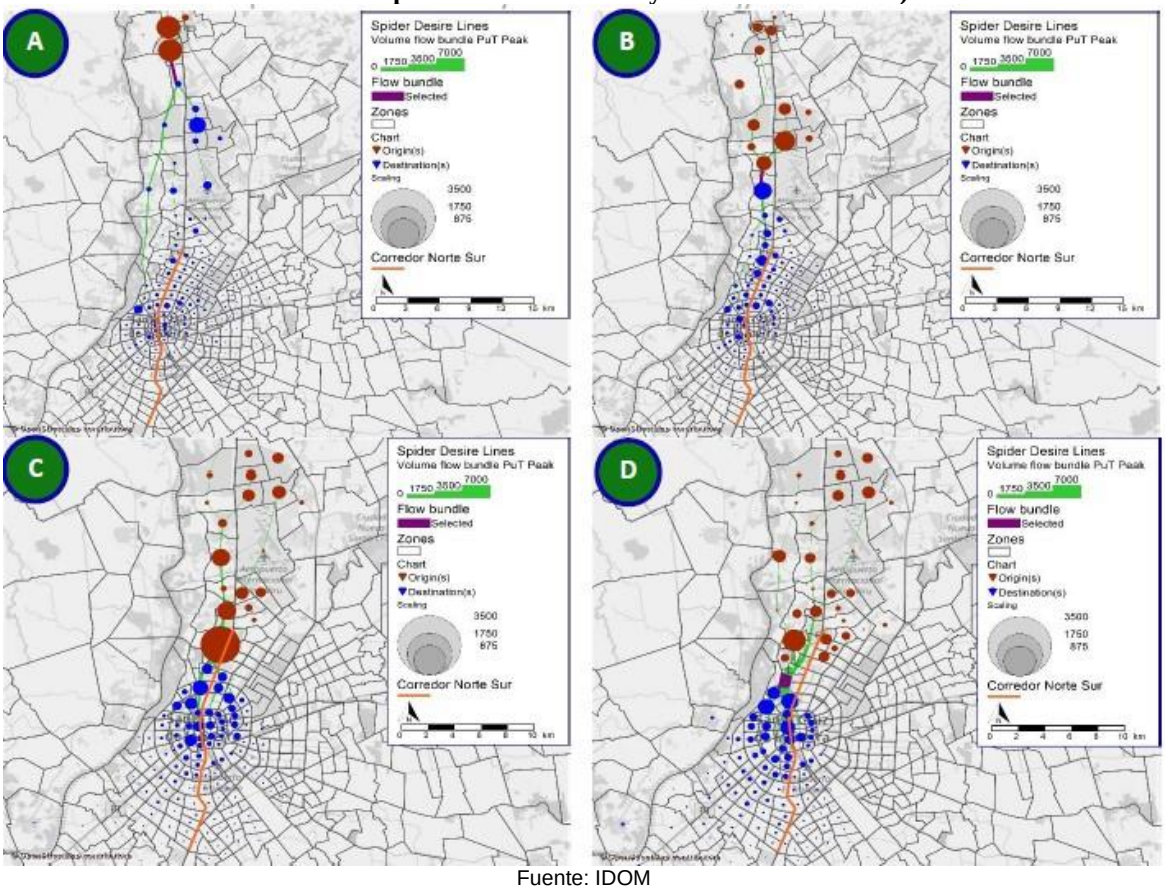
Fuente: IDOM

14.2.2.2 Análisis específico de orígenes y destinos

La figura que sigue representa un análisis espacial de origen y destino de la demanda de pasajeros de transportepúblico en el área de influencia de la Av. Cristo Redentor. Los círculos cafés representan los orígenes, los círculos azules los destinos y el arco morado representa por dónde estaría circulando esos viajes en dirección sur, es decir, hacia el centro de la ciudad.

Los mapas, en la imagen A, muestran una cierta demanda de alrededor de 2.000 pasajeros al día proveniente del municipio de Warnes y de las zonas residenciales ubicadas a la altura del aeropuerto Internacional Viru Viru que son puntos que no están con cobertura del trazado del BRT del CNS, cuyo principal destino es por encima del 8º anillo o muy distribuido en el centro. Esta demanda de pasajeros se tendrá en cuenta pues serán las rutas intermunicipales que alimenten al BRT en su cabecera más al norte. Es notorio que la mayoría de estos viajes llegan al interior del segundo y primer anillo, y escasamente algunos cruzan hacia el sur del segundo anillo o Av. El Trompillo. Al realizar el análisis de demanda sobre un arco más cercano al centro, como en la imagen B sobre aproximadamente el aeropuerto, se aprecia que la demanda desde Warnes es mucho menor, y que los principales destinos se dan sobre el corredor o como mucho en el centro. Al realizar el análisis de orígenes y destinos sobre un arco más cercano al centro como en la imagen C, a la altura del 8º anillo, se ve un incremento considerable en los orígenes en ese entorno, que dirigen a zonas sobre el corredor o del 3er anillo hacia dentro, pero con escasos viajes hacia el sector SUR. Por último, la imagen D, muestra el análisis de flujos y orígenes y destinos de un arco a la altura del 4º anillo, donde se aprecia la relación la universidad y el sector occidental del primer anillo.

Figura No 109 Demanda de transporte público desde la zona norte hacia el sur (Warnes y Aeropuerto Internacional Viru Viru por Autovía del Norte y Av. Cristo Redentor)

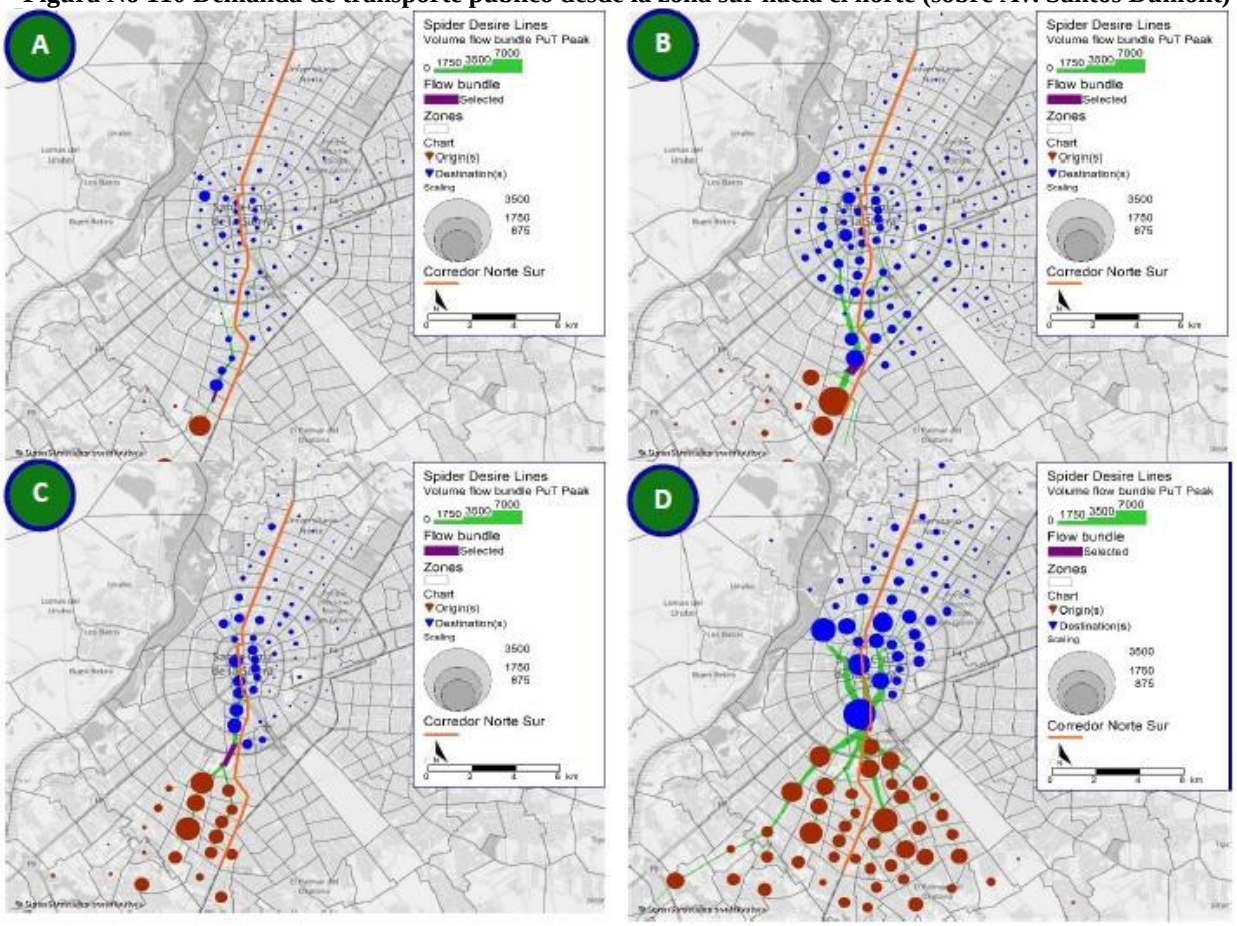


Fuente: IDOM

El mismo ejercicio se realizó para los viajes en transporte público que, según la ruta más corta, tomarían la Santos Dumont para llegar a sus destinos. Se observa en la Figura que sigue una distribución de los destinos más extendida hacia el oriente y la zona al norte entre el segundo y tercer anillo.

Con un ejercicio similar por imágenes, se ve que la imagen A, con un análisis de un arco alejado, los viajes se destinan a zonas sobre el corredor o como mucho al CENTRO. En la imagen B, los orígenes aumentan al acercarnos al 8º anillo con destinos principalmente sobre el corredor y el CENTRO, e importantes en el lado occidental. La imagen C y D, mucho más cercanas al centro al realizar el análisis sobre el 4º y el 3er anillo, muestran ya relaciones más importantes hacia el sector NORTE concentradas mayoritariamente dentro del 4º anillo.

Figura No 110 Demanda de transporte público desde la zona sur hacia el norte (sobre Av. Santos Dumont)



Fuente: IDOM

14.2.2.3 Carga máxima y saturación de puntos críticos

A partir del dato de máxima demanda se estimó la demanda en las demás horas del día según la producción y atracción de viajes en transporte público de las zonas NORTE, CENTRO y SUR reportadas en la Encuesta de Hogares. La información de demanda resultante concuerda con los patrones de viaje observados en los análisis preliminares de demanda según la ubicación de los destinos de trabajo y estudio y las zonas de mayor población.

En el cuadro que sigue se muestra la carga de pasajeros por hora y sentido, para los tres sectores NORTE, CENTRO y SUR definidos, los trece tramos en los que se dividió el corredor, y en dos tablas distintas en función del sentido del viaje, y para cada una de las horas del día desde la 04:00h hasta las 23: 00h. Se muestra que durante la mañana se alcanza el volumen

máximo de pasajeros desde el sector sur hacia NORTE en el tramo 11 con 5.433 pax/h, mientras que del sector norte hacia el SUR se da una demanda muy similar de 5.541 pax/h en el tramo 3, ambas dos a las 07:00h. La hora de mayor demanda se da a las 7:00h con una carga muy similar en ambos sentidos, con unos picos menos marcados a las 12:00h y a las 18:00h como identificado anteriormente. Se observa que las 7:00h tiene valores de demanda mucho mayores que las 6:00h y las 8:00h, lo que indica una alta intensidad de viajes en la hora pico, sin distribución en el periodo pico de 6:00h a 9:00h, siendo adicionalmente muy superior a la demanda que se presenta durante el resto del día.

Los volúmenes horarios en el corredor muestran una concentración de viajes hacia el norte desde el sector SUR y hacia el sur desde el sector NORTE del CNS en el periodo pico (entre las 6:00h y las 8:00h) siendo la carga a las 7:00h la de mayor volumen, coincidente con los patrones identificados que marcan la carga máxima aproximadamente sobre el 4º anillo (tramos 11 y 3). Igualmente se identifican volúmenes elevados desde el sector NORTE hacia el norte tanto a las 7:00h como a las 18:00h. Se identifica que las cargas superiores en el CENTRO, se dan al medio día para ambos sentidos, lo que es coincidente con los análisis realizados para el primer anillo.

Cuadro No 34 Distribución horaria de la demanda en año base según dirección y tramo de análisis del CNS

			Hora																			
Dirección	Tramo	ZONA_CNS	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Norte	1	NORTE	0	0	752	1.345	619	487	254	560	605	809	623	372	716	940	1.493	897	499	199	322	18
Norte	2	NORTE	0	0	1.318	2.358	1.085	854	446	982	1.061	1.419	1.093	652	1.255	1.648	2.617	1.573	875	349	565	32
Norte	3	NORTE	0	0	1.631	2.918	1.343	1.057	552	1.215	1.313	1.755	1.353	807	1.553	2.039	3.239	1.946	1.082	432	699	40
Norte	4	NORTE	0	0	1.487	2.660	1.224	964	503	1.108	1.197	1.600	1.233	736	1.416	1.859	2.952	1.774	987	394	637	36
Norte	5	NORTE	0	0	1.505	2.693	1.239	975	509	1.121	1.212	1.620	1.248	745	1.433	1.881	2.989	1.796	999	399	645	36
Norte	6	CENTRO	10	78	327	386	273	139	57	51	576	179	131	88	55	50	82	40	20	8	9	1
Norte	7	CENTRO	30	241	1.019	1.201	849	432	178	158	1.792	558	407	274	172	156	255	124	62	24	29	2
Norte	8	CENTRO	14	109	460	542	383	195	80	71	809	252	184	124	77	71	115	56	28	11	13	1
Norte	9	CENTRO	65	517	2.184	2.573	1.818	925	381	339	3.840	1.196	872	587	368	335	546	265	134	52	62	5
Norte	10	SUR	26	143	494	1.360	791	351	196	103	68	157	220	260	131	45	103	45	40	45	52	16
Norte	11	SUR	103	570	1.972	5.433	3.160	1.402	784	412	272	625	879	1.037	522	179	413	179	158	179	206	65
Norte	12	SUR	84	467	1.616	4.453	2.590	1.149	642	338	223	513	720	850	428	147	338	147	129	147	169	53
Norte	13	SUR	43	237	819	2.257	1.313	582	326	171	113	260	365	431	217	75	172	75	66	75	86	27

			Hora																			
Dirección	Tramo	ZONA_CNS	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sur	1	NORTE	85	756	1.592	2.174	947	752	251	166	221	416	866	195	195	195	527	341	55	110	85	20
Sur	2	NORTE	136	1.207	2.544	3.474	1.513	1.201	400	265	353	665	1.384	312	312	312	842	545	88	177	136	32
Sur	3	NORTE	216	1.926	4.057	5.541	2.413	1.916	639	422	563	1.061	2.207	498	498	498	1.342	869	141	282	216	50
Sur	4	NORTE	163	1.453	3.061	4.180	1.820	1.445	482	319	425	800	1.665	375	375	375	1.013	656	106	212	163	38
Sur	5	NORTE	98	875	1.843	2.517	1.096	870	290	192	256	482	1.003	226	226	226	610	395	64	128	98	23
Sur	6	CENTRO	40	320	1.350	1.591	1.124	572	235	210	2.374	740	539	363	227	207	338	164	83	32	38	3
Sur	7	CENTRO	39	315	1.329	1.566	1.107	563	232	207	2.337	728	531	358	224	204	332	162	81	31	38	3
Sur	8	CENTRO	36	288	1.218	1.435	1.014	516	212	189	2.142	667	486	328	205	187	305	148	75	29	35	3
Sur	9	CENTRO	4	35	147	173	123	62	26	23	259	81	59	40	25	23	37	18	9	3	4	0
Sur	10	SUR	0	63	149	342	226	220	117	149	267	227	165	55	158	63	506	70	15	55	39	15
Sur	11	SUR	0	235	555	1.275	843	821	435	555	995	848	617	204	590	235	1.887	262	58	204	146	58
Sur	12	SUR	0	217	512	1.176	777	757	401	512	918	782	569	188	544	217	1.741	242	53	188	135	53
Sur	13	SUR	0	149	351	807	533	520	275	351	630	537	390	129	373	149	1.195	166	37	129	93	37

Fuente: IDOM

En la figura que sigue se muestra el volumen de pasajeros estimado por hora (para las 7:00h, 10:00h, 12:00h, 18:00h y 21:00h) y por tramo de análisis. En las gráficas se ubicaron unas líneas guía que corresponden a la capacidad de buses y frecuencia necesarios para servir la demanda que se presenta en cada uno de los tramos. En azul se muestra el volumen de pasajeros en dirección norte correspondiente a cada tramo y en naranja el volumen en dirección sur. Al mediodía se presentan volúmenes de pasajeros mayores en los tramos del centro dado que hay muchos trabajadores y estudiantes que regresan a sus casas a almorzar en transporte público. Como se puede apreciar, la demanda de las 7:00h es muy superior a la del resto del día. Mientras para el primer anillo se daban tres picos importantes a las 7:00h, 12:00h y 18:00h, con volúmenes similares o ligeramente inferiores al medio día, a nivel del CNS se da un pico extremadamente marcado a las7:00h. Esto está muy acorde con las dinámicas metropolitanas por las que los desplazamientos a primera hora hacia el centro son de significativa importancia.

Es importante considerar en la realización del plan de servicios, que no se puede hipotecar la definición de la flota por la concentración de la demanda en la hora pico. Si no, esto exigiría, ya en el año base, considerar buses de 250 pasajeros cada 3 minutos, lo cual definiría una flota sobredimensionada para el resto del día. Se debe de plantear un servicio que responda de una forma eficiente a las cargas identificadas en el CNS, teniendo muy en cuenta que la movilidad intra e intersectorial comentada anteriormente.

Figura No 111 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo hora pico AM 2020

Fuente: IDOM

14.2.3. Demanda futura en el Corredor Norte Sur

Los escenarios a futuro del modelo presentan una estimación del volumen de pasajeros que tendrán las líneas de BRT que se implementarán por fases. La implementación de todas las líneas BRT en conjunto significa para el año 2035 una acumulación de la demanda de usuarios de transporte público en estos corredores, duplicando valores de pasajeros/hora que se reportan en el año base. Esta acumulación de demanda en el corredor se da por el crecimiento natural de la demanda por el incremento en el tamaño de la población y por la concentración de la demanda de varias líneas de transporte público tradicionales que competían en las mismas vías o vías paralelas. Con todas las fases implementadas los volúmenes de pasajeros se concentrarán por estos corredores y en las rutas alimentadoras que acercarán pasajeros a la red de BRT.

Además el crecimiento de la ciudad en términos de la población y de la economía y las variaciones en la distribución de equipamientos socioeconómicos (residencias, empleos, reubicación de mercados y demás zonas de atracción de viajes y desarrollo de suelo urbano) se representan en el modelo a través de una reestimación del modelo de distribución de viajes en todas las ZAT de la ciudad y que son modificaciones que implican unos patrones de viaje diferentes.

Adicionalmente a la demanda que antes utilizaba el transporte público disponible, la implementación de una nueva opción de transporte público, implica que posiblemente haya nuevos usuarios que antes no utilizaban este modo de transporte. El modelo estima una población que comenzará a utilizar el sistema de transporte público y que antes no lo hacía debido a las mejoras en las condiciones del sistema. La calibración de la proporción de personas que comenzarán a utilizar un modo de transporte diferente se basa en información socioeconómica y del viaje (ingreso, tiempo y costo de viaje, etc.) y se refleja en un modelo de selección modal que se basó en una encuesta de preferencias declaradas que evaluó la propensión de cambio modal a un sistema de BRT hipotético dadas unas condiciones de tiempo y costo de viaje (revisar documento “Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz” de JICA). Con la demanda proyectada se extrajo el volumen máximo de pasajeros durante la hora pico de la mañana por tramo del CNS para los años 2020, 2025 y 2035.

14.2.3.1 Año 2020

Para el año 2020 el modelo considera la implementación de la Fase 1A – Primer Anillo y la continuidad de las otras líneas de transporte público que no transcurren sobre la traza del BRT del primer anillo. En este escenario aún se mantienen las cargas altas de pasajeros entre el segundo y el cuarto anillo en dirección hacia el sector CENTRO. No se dan volúmenes mayores a los 3.500 pax/h en horas diferentes a la hora pico de la mañana. En la Figura 76 se muestra la distribución de viajes para las 7:00h, 10:00h, 12:00h, 18:00h y 21:00h.

Figura No 112 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo 2020

Fuente: IDOM

14.2.3.2 Año 2025

Para el año 2025 el modelo considera la implementación de la Fase 1 completa (Primer Anillo y CNS) y la Fase 2 del BRT, como mostrado en la Figura 15, y la continuidad de las líneas de transporte público que no transcurren por la traza de las Fases 1 y 2 del BRT. En este escenario aún se mantienen las cargas altas de pasajeros entre el segundo y el cuarto anillo en dirección hacia el sector CENTRO. Sin embargo, se comienzan a generar cargas importantes (mayores a los 5.000 pax/h) en el sector CENTRO durante la hora pico del mediodía, debido a la eliminación de líneas que antes estaban dispersas en varios corredores. En la Figura 77 se muestra la distribución de viajes para las 7:00h, 10:00h, 12:00h, 18:00h y 21:00h.

Figura No 113 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo 2025

Fuente: IDOM

14.2.3.3 Año 2035

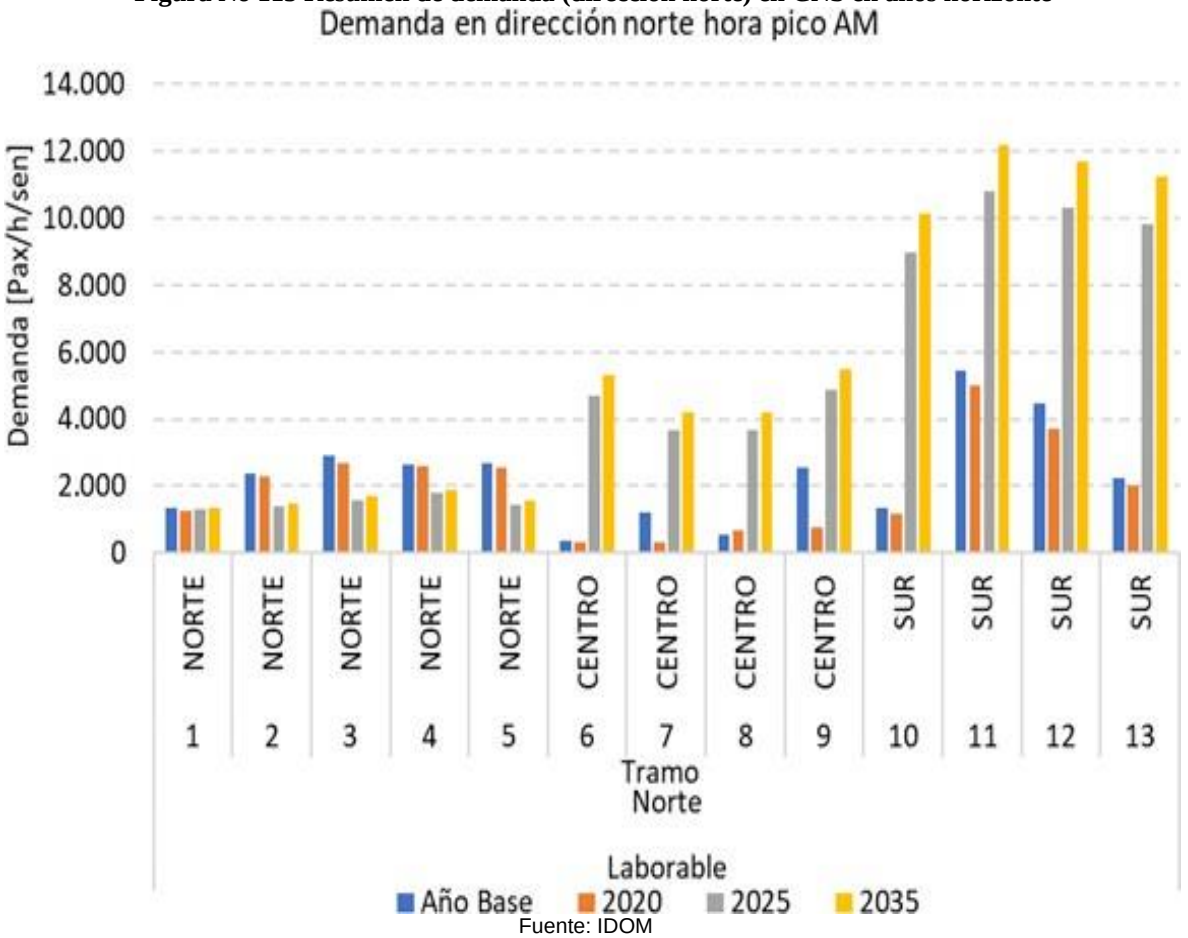
Para el año 2035 el modelo considera la implementación de completa del BRT, con la continuidad de líneas de transporte público, principalmente interurbanas, que no transcurren sobre la traza de la red de BRT. En este escenario aún se mantienen las cargas altas de pasajeros entre el segundo y el cuarto anillo en dirección hacia la zona CENTRO. Sin embargo, se comienzan a generar cargas importantes (mayores a los 6.000 pax/h) en la zona CENTRO durante la hora pico del mediodía, debido a la eliminación de líneas que antes estaban dispersas en varios corredores. En la Figura 78 se muestra la distribución de viajes para las 7:00h, 10:00h, 12:00h, 18:00h y 21:00h. Para la hora pico se requerirían buses de 250 pasajeros cada dos (2) minutos y con la necesidad de tener un 50% de servicios expresos que no se detendrían en todas las estaciones, si se define la operación a máximos.

Figura No 114 Volumen máximo de pasajeros en CNS por tramo 2035

Fuente: IDOM

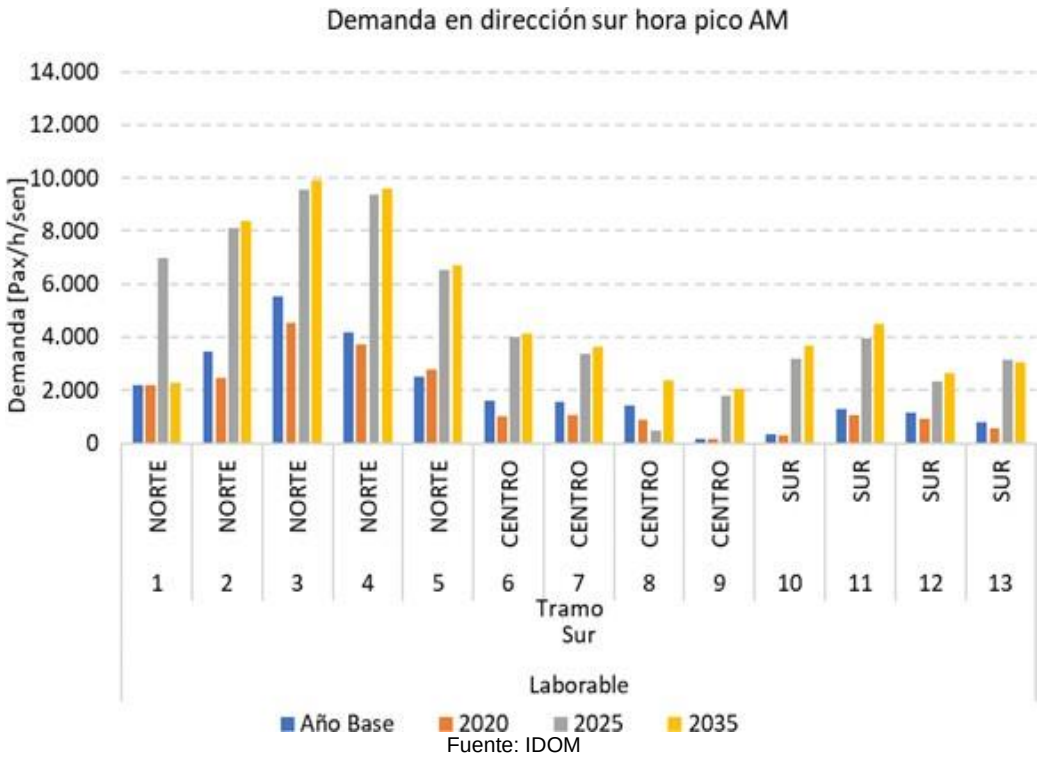
En las Figuras 115 y 116 se presenta un resumen de la demanda para la hora pico (7:00h) para el año base y los años proyectados 2020, 2025 y 2035. Los mayores picos se dan sobre la Av. Santos Dumont, tramos 11 y 12 del sector SUR del CNS en sentido norte, llegando a los 12.199 pax/h en 2035. Esta alta demanda sólo se da en la hora pico. Como mostrado en las gráficas anteriores, estos valores de carga máxima se concentran en la hora pico, mientras que para el resto del día no alcanzan valores tan altos en los sectores SUR y NORTE. Sin embargo; el sector CENTRO sí mantiene cargas elevadas, aproximadamente de 6.000 pax/h en al medio día, con un crecimiento significativo a lo largo de los años, muy relacionado con los crecimientos de la demanda del Primer Anillo.

Figura No 115 Resumen de demanda (dirección norte) en CNS en años horizonte



Fuente: IDOM

Figura No 116 Resumen de demanda (dirección sur) en CNS en años horizonte

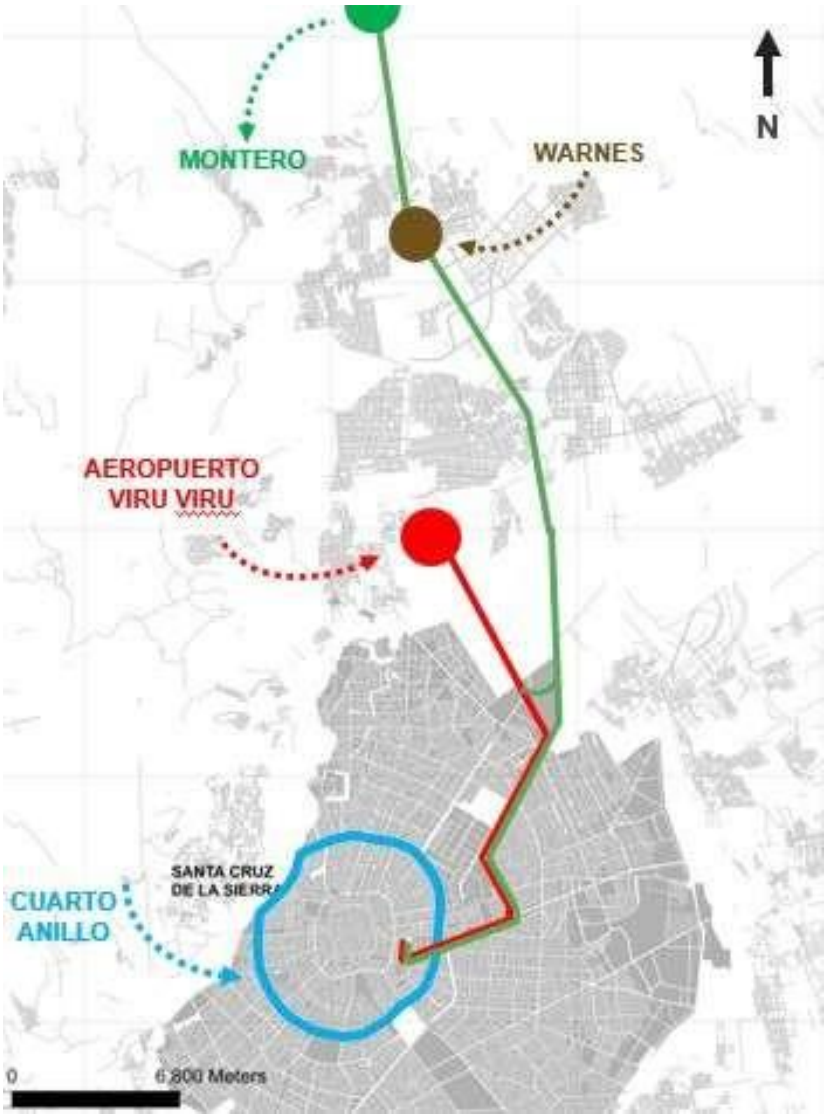


Fuente: IDOM

15. ESTUDIO DE MERCADO DEL EDTP DEL PROYECTO TREN METROPOLITANO SANTA CRUZ – WARNES – MONTERO Y CONEXIÓN CON EL AEROPUERTO INTERNACIONAL VIRU VIRU (2023)

Este Estudio de Diseño Técnico de Preinversión para el Tren Metropolitano Santa Cruz - Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru, es el último estudio que se encuentra siendo elaborado y que tiene un componente que es el Estudio de Mercado y los estudios de la macro-modelación que se hicieron en los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Warnes y Montero. Nótese que este estudio utilizó insumos del estudio de JICA (modelo hecho en CUBE) y aplicó nuevos trabajos de campo y la construcción de un modelo, para el cual se utilizó PTV Vissum.

Figura No 117 Plan de gestión



Fuente: Prointec

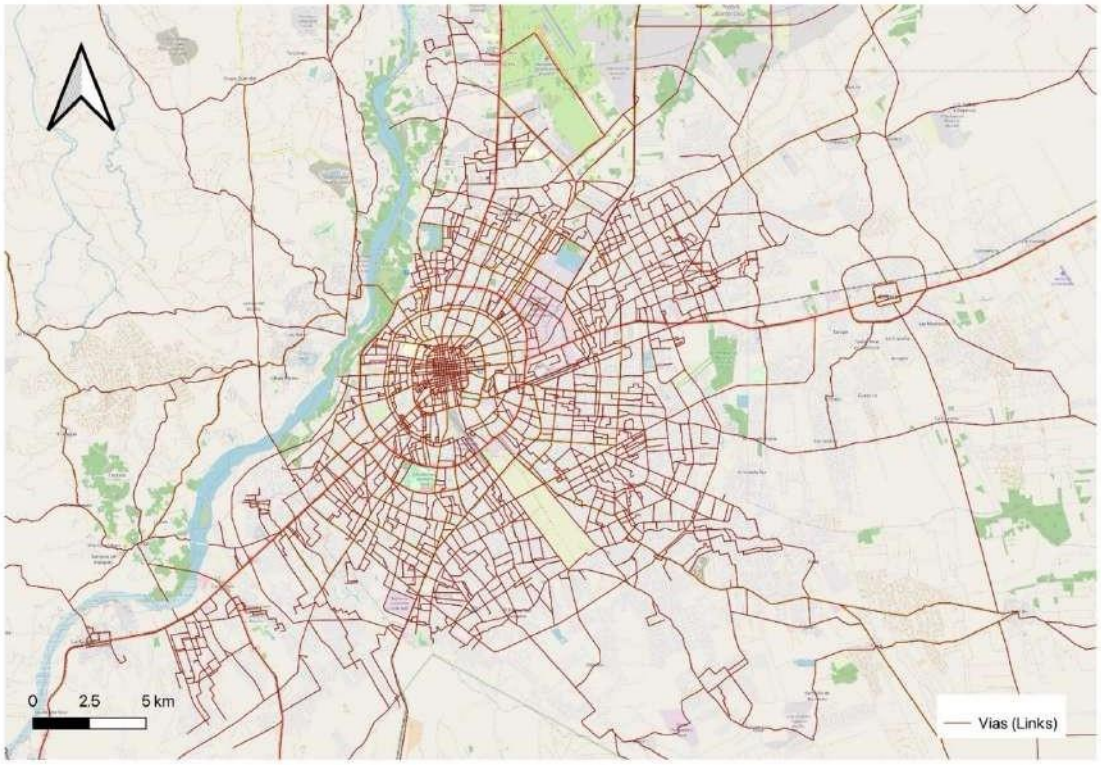
15.1. Modelo de la oferta

15.1.1. Red Vial

La red de modelación se basó en el modelo de oferta vial del estudio de JICA 2016 para Santa Cruz de la Sierra y se procedió a actualizar la vialidad tal que sea suficiente para alojar todos los recorridos de las rutas de transporte público, considerando también la conexión con el municipio de Montero.

Esta red ya simplificada cuenta con 4.593 arcos y 2.832 nodos, con esto se obtuvo un modelo representativo de la situación base; la red vial toma en cuenta la jerarquización y clasificación vial realizada en estudios precedentes; por tanto, comprende las principales avenidas, calles y vías peatonales que conforman la red vial urbana; asimismo, se toman en cuenta todos sus atributos como número de carriles y sentidos de circulación, a fin de que se represente de manera lo más exacta posible, las condiciones actuales de operación. A continuación, se presenta un diagrama de la conformación de la red final para el modelo.

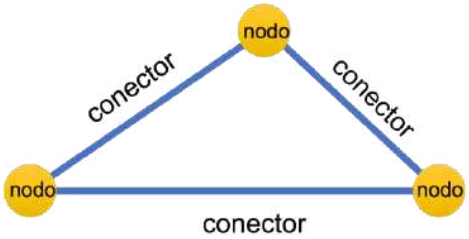
Figura No 118 Red vial – modelo Vissum



Fuente: Prointec

La red vial está conformada por nodos y arcos. Los nodos representan a las intersecciones o puntos donde se unen dos o más vías, en cambio los arcos representan a las vías de la red y están ubicados entre dos nodos; la tipología general de los arcos corresponde a: acceso a tren, incorporaciones red fundamental, vialidad municipal, local, y peatonal. A continuación, en la Figura 83, se presenta un esquema de conector y nodos.

Figura No 119 Esquema de conector (arcos) y nodos



Fuente: Prointec

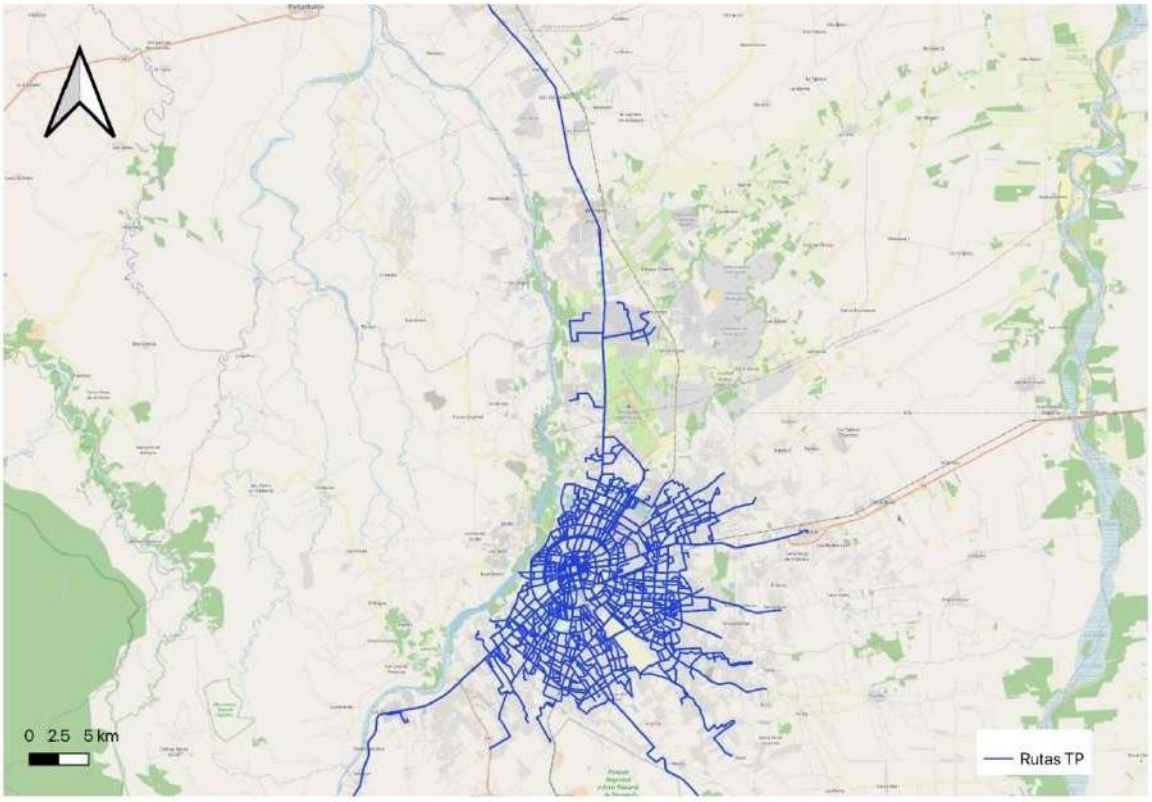
Los nodos se representan con un número y con sus coordenadas geográficas. En los arcos o conectores de la red se incluyen los siguientes campos principales:

- Tipo de vía.
- Número de carriles por sentido.
- Longitud de vía.
- Capacidad de la vía.
- Número de los nodos que están en sus extremos.
- Modos de transporte que pueden transitar por el arco.
- Tiempo de recorrido por sistema de transporte público

15.1.2. Red de Transporte Público

La red de transporte público base que se considera es la recopilada en el estudio de JICA y está compuesta por 152 líneas o 304 líneas-sentido (si se separan por sentido de circulación ida y vuelta), y se considera adecuada para fines de modelación. La representación de esta red en el modelo luce como en la siguiente figura.

Figura No 120 Rutas de Transporte público dentro del modelo de transporte Visum



Fuente: Prointec

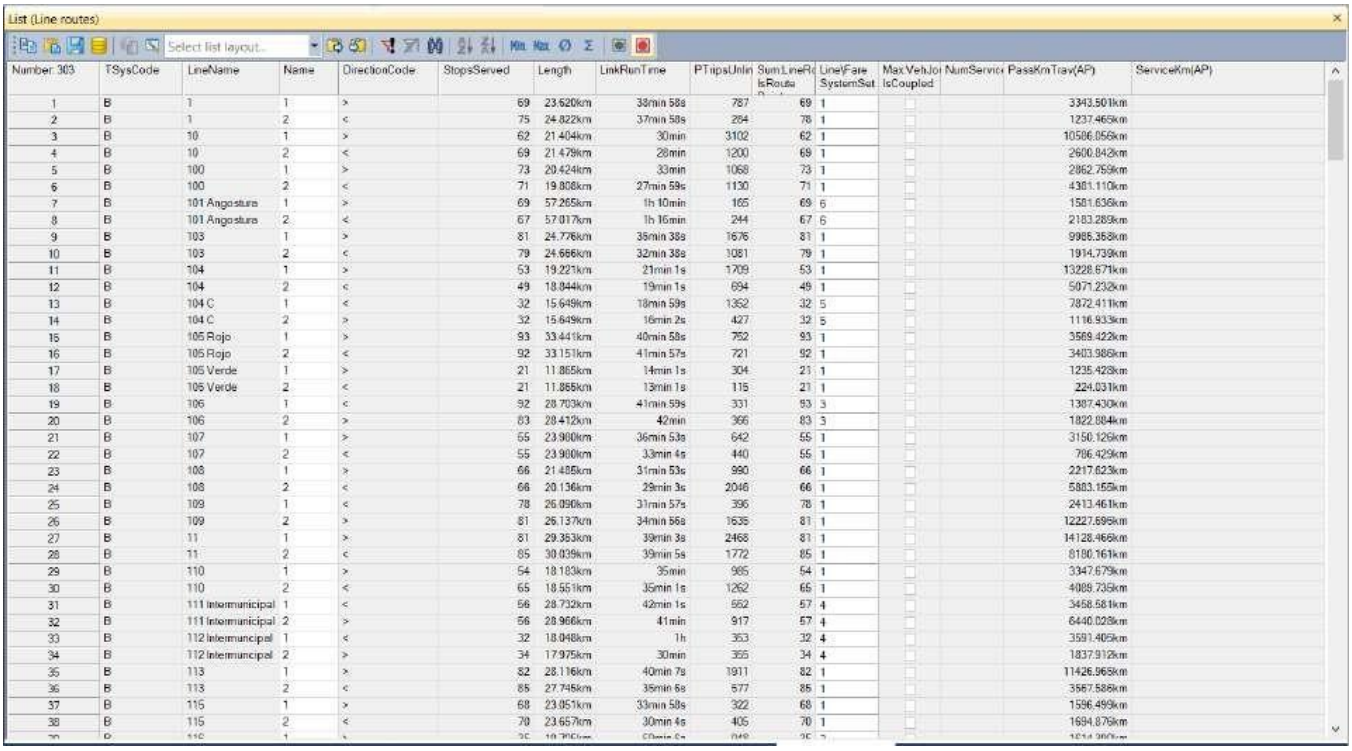
La modelación de la red de transporte público permite determinar los flujos de usuarios en el sistema de transporte público para las condiciones de demanda que se encuentran representadas mediante las matrices origen - destino.

Las líneas del sistema de transporte público que operan en el área metropolitana se incluyen en el modelo de asignación indicando para cada una:

- El recorrido sobre la red vial (secuencia de vías e intersecciones de paso).
- El modo de transporte y tipo de vehículo (que incluye características como la capacidad total y el número de asientos).
- El intervalo de paso (valor inverso de la frecuencia).
- El sistema tarifario asociado.

Los atributos principales de las líneas de la red de transporte público se han cargado en la lista de atributos del modelo de transporte Visum como se muestra en la figura que sigue.

Figura No 121 Lista de rutas de Transporte público en el modelo de transporte Visum



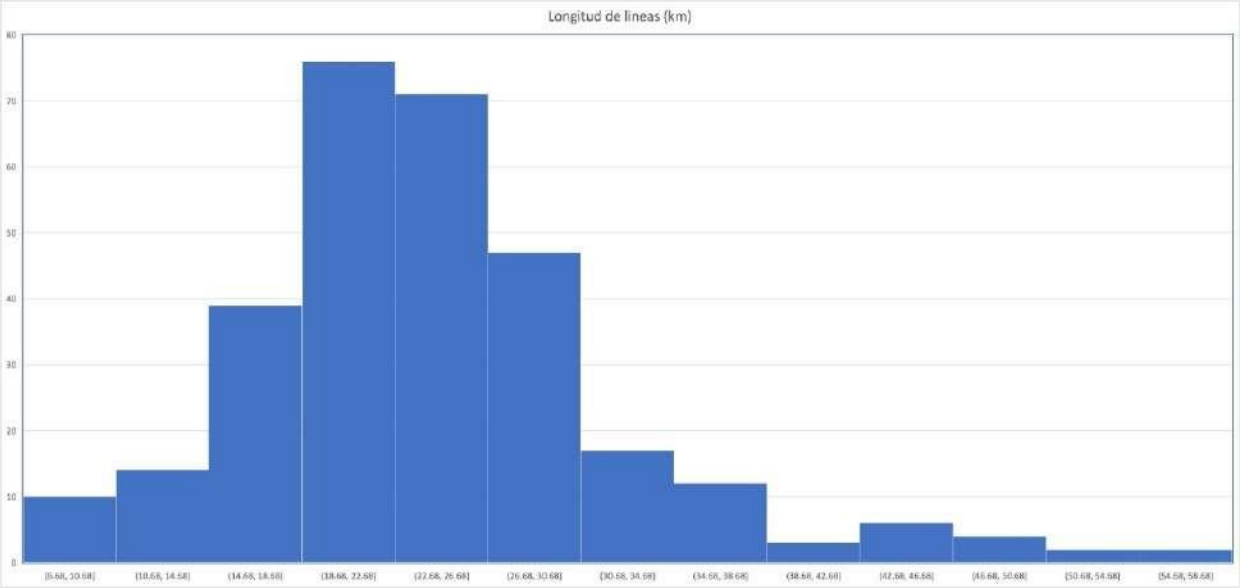
List (Line routes)

Number: 303	TSysCode	LineName	Name	DirectionCode	StopsServed	Length	LinkRunTime	PTripsUnlin	SumLineRo IsRoute	Line\Fare SystemSet	Max.VehJo IsCoupled	NumServic	PasaKmTrav(AP)	ServiceKm(AP)
1	B	1	1	>	69	23.620km	38min 58s	787	69	1			3343.501km	
2	B	1	2	<	75	24.822km	37min 58s	284	76	1			1237.465km	
3	B	10	1	>	62	21.404km	30min	3102	62	1			10506.056km	
4	B	10	2	<	69	21.479km	28min	1200	69	1			2600.842km	
5	B	100	1	>	73	20.424km	33min	1068	73	1			2862.769km	
6	B	100	2	<	71	19.808km	27min 59s	1130	71	1			4381.110km	
7	B	101 Angostura	1	>	69	57.265km	1h 10min	165	69	6			1581.636km	
8	B	101 Angostura	2	<	67	57.017km	1h 16min	244	67	6			2183.289km	
9	B	103	1	>	81	24.776km	35min 38s	1676	81	1			9985.358km	
10	B	103	2	<	79	24.666km	32min 38s	1081	79	1			1914.739km	
11	B	104	1	>	53	19.221km	21min 1s	1709	53	1			13228.671km	
12	B	104	2	<	49	18.844km	19min 1s	694	49	1			5071.232km	
13	B	104 C	1	<	32	15.649km	18min 59s	1352	32	5			7872.411km	
14	B	104 C	2	>	32	15.649km	16min 2s	427	32	5			1116.933km	
15	B	105 Rojo	1	>	93	33.441km	40min 58s	752	93	1			3569.422km	
16	B	105 Rojo	2	<	92	33.151km	41min 57s	721	92	1			3403.986km	
17	B	105 Verde	1	>	21	11.865km	14min 1s	304	21	1			1235.428km	
18	B	105 Verde	2	<	21	11.865km	13min 1s	115	21	1			224.031km	
19	B	106	1	<	92	28.703km	41min 59s	331	93	3			1387.430km	
20	B	106	2	>	83	28.412km	42min	366	83	3			1822.884km	
21	B	107	1	>	55	23.900km	36min 53s	642	55	1			3150.126km	
22	B	107	2	<	55	23.900km	33min 4s	440	55	1			786.429km	
23	B	108	1	>	66	21.485km	31min 53s	990	66	1			2217.623km	
24	B	108	2	<	66	20.136km	29min 3s	2046	66	1			5883.155km	
25	B	109	1	<	78	26.090km	31min 57s	396	78	1			2413.461km	
26	B	109	2	>	81	26.137km	34min 56s	1635	81	1			12227.696km	
27	B	11	1	>	81	29.353km	39min 3s	2468	81	1			14128.466km	
28	B	11	2	<	85	30.039km	39min 5s	1772	85	1			8180.161km	
29	B	110	1	>	54	18.183km	35min	985	54	1			3347.679km	
30	B	110	2	<	65	18.551km	35min 1s	1262	65	1			4089.735km	
31	B	111 Intermunicipal	1	<	56	28.732km	42min 1s	562	57	4			3458.581km	
32	B	111 Intermunicipal	2	>	56	28.966km	41min	917	57	4			6440.028km	
33	B	112 Intermuncipal	1	<	32	18.048km	1h	353	32	4			3591.405km	
34	B	112 Intermuncipal	2	>	34	17.975km	30min	355	34	4			1837.912km	
35	B	113	1	>	82	28.116km	40min 7s	1911	82	1			11426.965km	
36	B	113	2	<	85	27.745km	35min 6s	577	85	1			3567.586km	
37	B	115	1	>	68	23.051km	33min 58s	322	68	1			1596.499km	
38	B	115	2	<	70	23.657km	30min 4s	405	70	1			1694.876km	

Fuente: Prointec

Las líneas de la red de transporte público tienen una longitud promedio de 24.4 km en cada uno de sus sentidos de circulación. En el histograma de longitudes por sentido se muestra que hay un total de 76 líneas tienen una longitud de 18 a 22 km, seguido por 71 líneas que tienen una longitud entre 22 y 26 km, estos son los datos más importantes identificados.

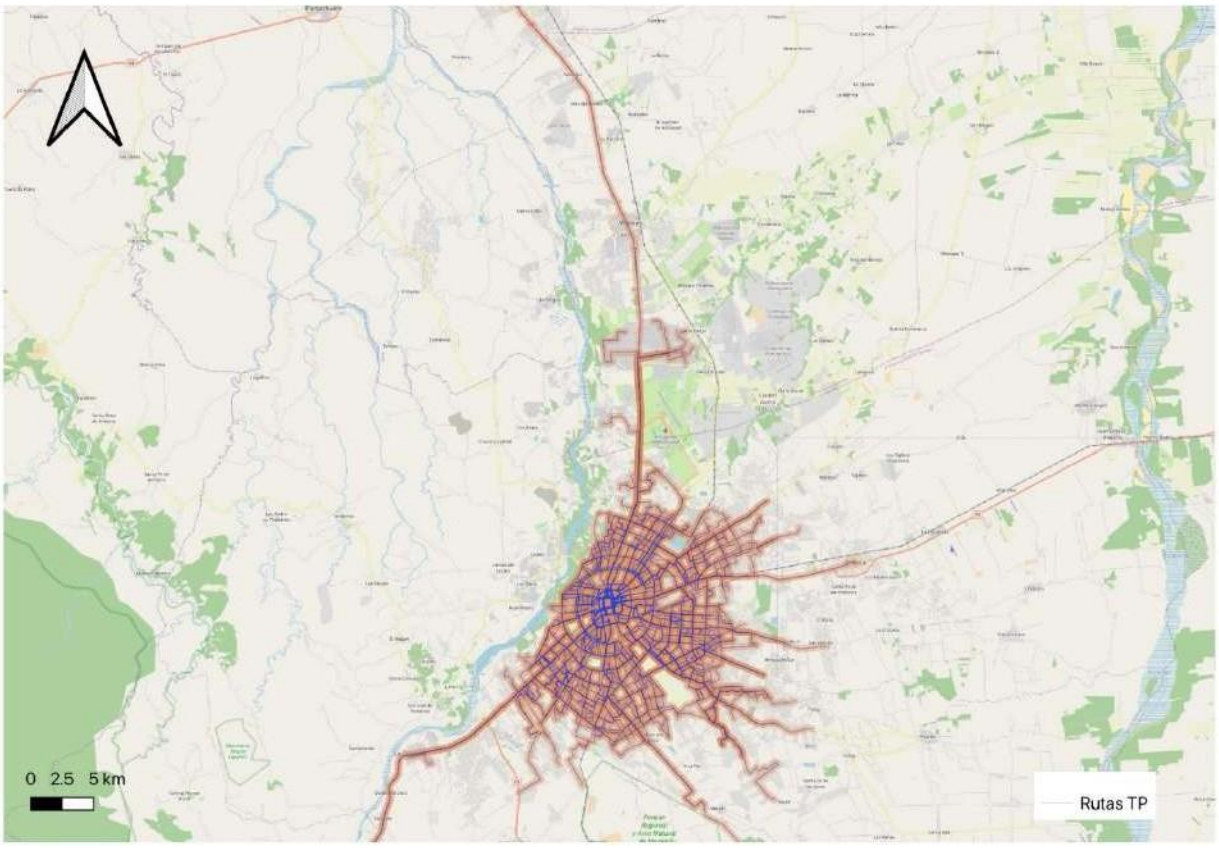
Figura No 122 Longitudes de líneas de transporte público



Fuente: Prointec

El análisis de cobertura de esta red de transporte público considerando un área de influencia alrededor de las líneas de 300 m muestra que existe alta cobertura sobre la mancha urbana de Santa Cruz, hasta el 4to anillo y esta reduce en los municipios de La Guardia, Warnes y Montero donde la mayor cantidad de líneas está concentrada en el camino Santa Cruz - Warnes - Montero y La Doble vía La Guardia.

Figura No 123 Densidad de población y de trabajadores en Santa Cruz



Fuente: Prointec

15.1.3. Sistema tarifario de Transporte Público

El sistema tarifario del transporte público ha sido incorporado a las líneas de transporte público y sus paradas en el modelo de transporte Visum considerando las zonas y valores tarifarios del área metropolitana de Santa Cruz, según se muestra en el cuadro a continuación (recuadros en negro representan zonas donde no existen líneas de transporte público directas). Se ha adoptado los límites municipales como zonas tarifarias, tomando en cuenta la cobertura del transporte público dentro del modelo, se consideró a los municipios de Santa Cruz, El Torno, Cotoca, Porongo, La Guarida, Warnes y Montero para la construcción de esta matriz de tarifas.

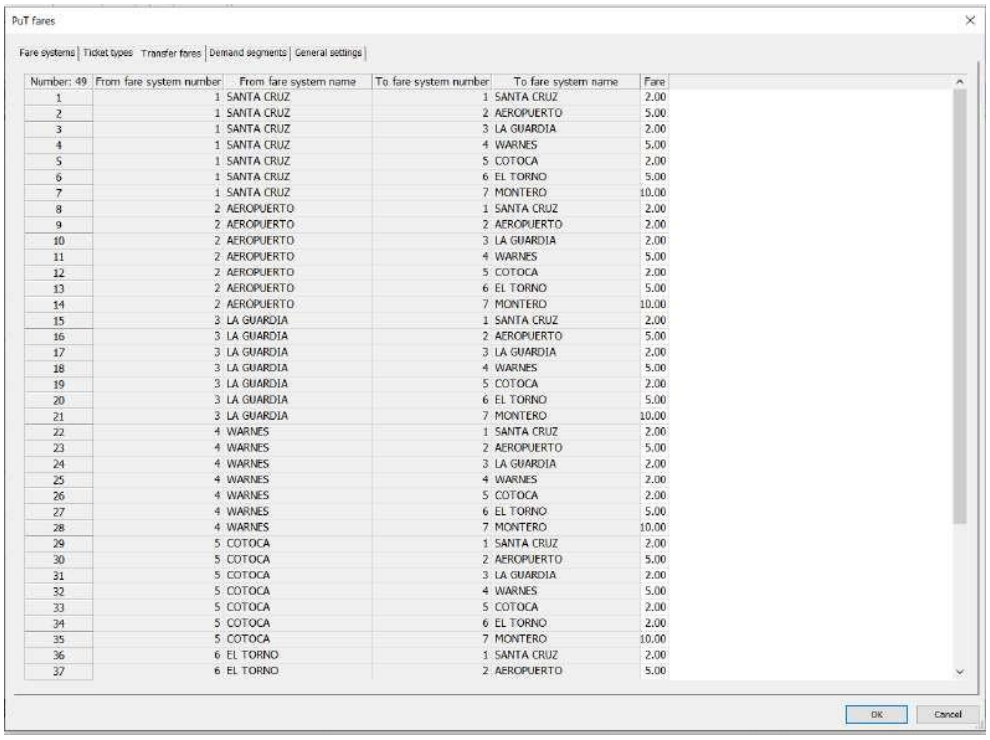
Cuadro No 35 Matriz de Tarifas del Área Metropolitana de Santa Cruz

	SCZ	Torno	Cotoca	Porongo	La Guardia	Warnes	Montero
SCZ	2	5	2	5	2	5	10
Torno	5	2			2		
Cotoca	2		2				
Porongo	5			3			
La Guardia	2	2			2		
Warnes	5					2	4
Montero	10					4	2

Fuente: Prointec

Introduciendo la información tarifaria al modelo de transporte Visum, se tiene lo siguiente:

Figura No 124 Introducción del sistema tarifario en el modelo de Visum



PuT fares

Fare systems | Ticket types | Transfer fares | Demand segments | General settings

Number: 49	From fare system number	From fare system name	To fare system number	To fare system name	Fare
1	1	SANTA CRUZ	1	SANTA CRUZ	2.00
2	1	SANTA CRUZ	2	AEROPUERTO	5.00
3	1	SANTA CRUZ	3	LA GUARDIA	2.00
4	1	SANTA CRUZ	4	WARNES	5.00
5	1	SANTA CRUZ	5	COTOCA	2.00
6	1	SANTA CRUZ	6	EL TORNO	5.00
7	1	SANTA CRUZ	7	MONTERO	10.00
8	2	AEROPUERTO	1	SANTA CRUZ	2.00
9	2	AEROPUERTO	2	AEROPUERTO	2.00
10	2	AEROPUERTO	3	LA GUARDIA	2.00
11	2	AEROPUERTO	4	WARNES	5.00
12	2	AEROPUERTO	5	COTOCA	2.00
13	2	AEROPUERTO	6	EL TORNO	5.00
14	2	AEROPUERTO	7	MONTERO	10.00
15	3	LA GUARDIA	1	SANTA CRUZ	2.00
16	3	LA GUARDIA	2	AEROPUERTO	5.00
17	3	LA GUARDIA	3	LA GUARDIA	2.00
18	3	LA GUARDIA	4	WARNES	5.00
19	3	LA GUARDIA	5	COTOCA	2.00
20	3	LA GUARDIA	6	EL TORNO	5.00
21	3	LA GUARDIA	7	MONTERO	10.00
22	4	WARNES	1	SANTA CRUZ	2.00
23	4	WARNES	2	AEROPUERTO	5.00
24	4	WARNES	3	LA GUARDIA	2.00
25	4	WARNES	4	WARNES	2.00
26	4	WARNES	5	COTOCA	2.00
27	4	WARNES	6	EL TORNO	5.00
28	4	WARNES	7	MONTERO	10.00
29	5	COTOCA	1	SANTA CRUZ	2.00
30	5	COTOCA	2	AEROPUERTO	5.00
31	5	COTOCA	3	LA GUARDIA	2.00
32	5	COTOCA	4	WARNES	5.00
33	5	COTOCA	5	COTOCA	2.00
34	5	COTOCA	6	EL TORNO	2.00
35	5	COTOCA	7	MONTERO	10.00
36	6	EL TORNO	1	SANTA CRUZ	2.00
37	6	EL TORNO	2	AEROPUERTO	5.00

OK Cancel

Fuente: Prointec

15.2. Modelo de la demanda

15.2.1. Zonificación

Las zonas de tráfico son pequeñas áreas dentro del área de influencia, que se caracterizan por cierta homogeneidad en diferentes características y que permite localizar espacialmente los orígenes y destino de los viajes. Es decir, los viajes siempre salen de una zona de tráfico y terminan en otra zona de tráfico. Las zonas de tráfico tienen dos elementos importantes que se denominan el centroide y conector del centroide.

El centroide es donde se considera inicia o termina un viaje y el conector permite que los viajes de una zona de tránsito se conectan con la red vial.

Figura No 125 Esquema de una zona de tráfico

Fuente: Prointec

Para el presente modelo, el estudio utilizó como punto de partida, las zonas de tráfico del Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz (2016), teniendo un total de 337 zonas que abarcan el área de los diferentes municipios que conforman el área metropolitana de Santa Cruz.

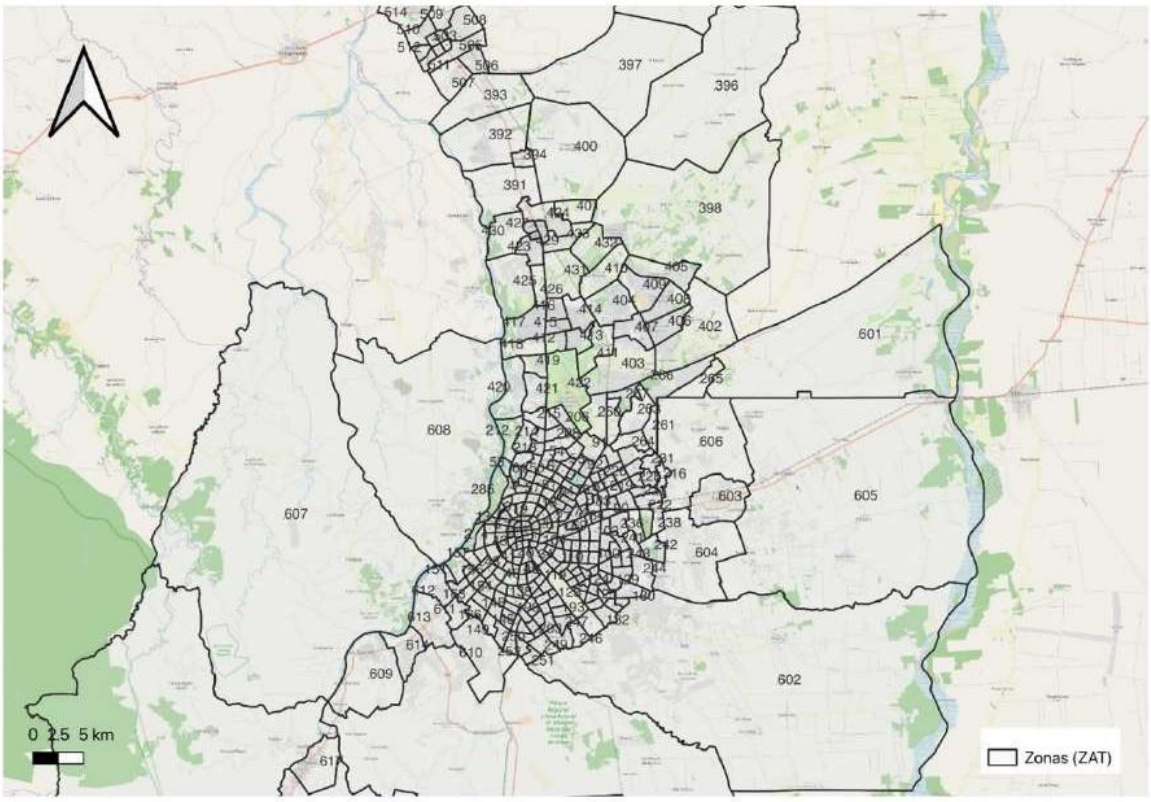
De acuerdo con el informe final de JICA, los criterios considerados para definir la zonificación para el análisis de tráfico varían si las mismas son urbanas o rurales. Estas consideraciones son descritas a continuación.

Área Urbana de Santa Cruz de la Sierra: Para las áreas urbanas de Santa Cruz de la Sierra, la Zona de Estudio detallado se definió teniendo en cuenta la densidad de la población y las actividades urbanas. Las zonas están generalmente ligadas a las Unidades Vecinales, UVs, que son más grandes que las Manzanas y más pequeños que los Distritos. Los límites de las UVs fueron identificados en base a los datos SIG disponibles. Además, algunas UVs en el área central fueron divididas tomando en consideración el tamaño de la población y el nivel de actividad urbana.

Otras Áreas (rurales): Las Zonas de Estudio de las otras áreas, incluyendo las zonas rurales y las zonas urbanas de Warnes, Cotoca, La Guardia, El Torno y Porongo fueron definidas en base a las ubicaciones de los municipios. Como los datos originales contienen únicamente coordenadas de un punto específico en los municipios, a partir de los datos de los puntos se crea un diagrama Voronoi, que define las regiones en base a la distancia a cada punto. Como el diagrama Voronoi no representa necesariamente las características geográficas tales como ríos, carreteras y montañas, los límites se ajustaron con estas características. Además, algunas zonas basadas en los Voronoi de los municipios, se dividieron considerando el volumen de las actividades urbanas, las condiciones de los asentamientos como también los futuros planes de desarrollo.

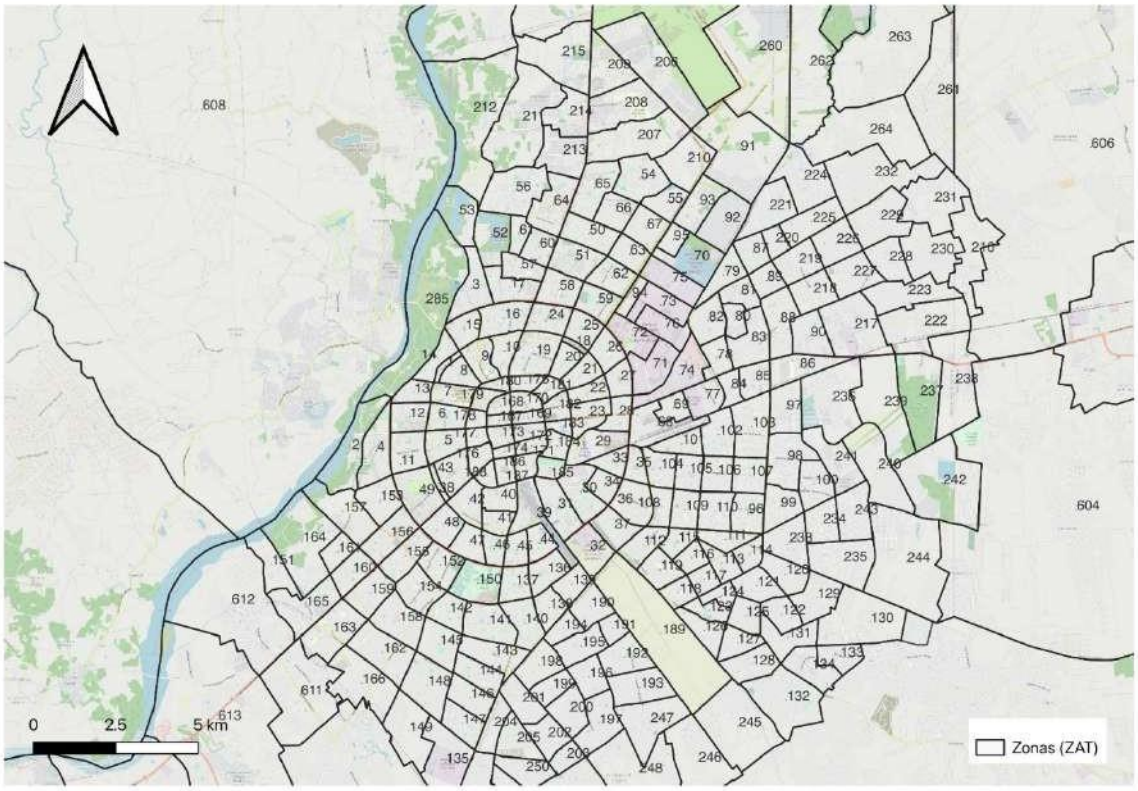
Con esos criterios, se presentan las zonas de tráfico definidas para el presente estudio.

Figura No 126 Zonas de tráfico en el modelo de transporte Visum



Fuente: Prointec

Figura No 127 Zonas de tráfico modelo de transporte Visum – Santa Cruz de la Sierra



Fuente: Prointec

15.2.2. Matrices Origen - Destino

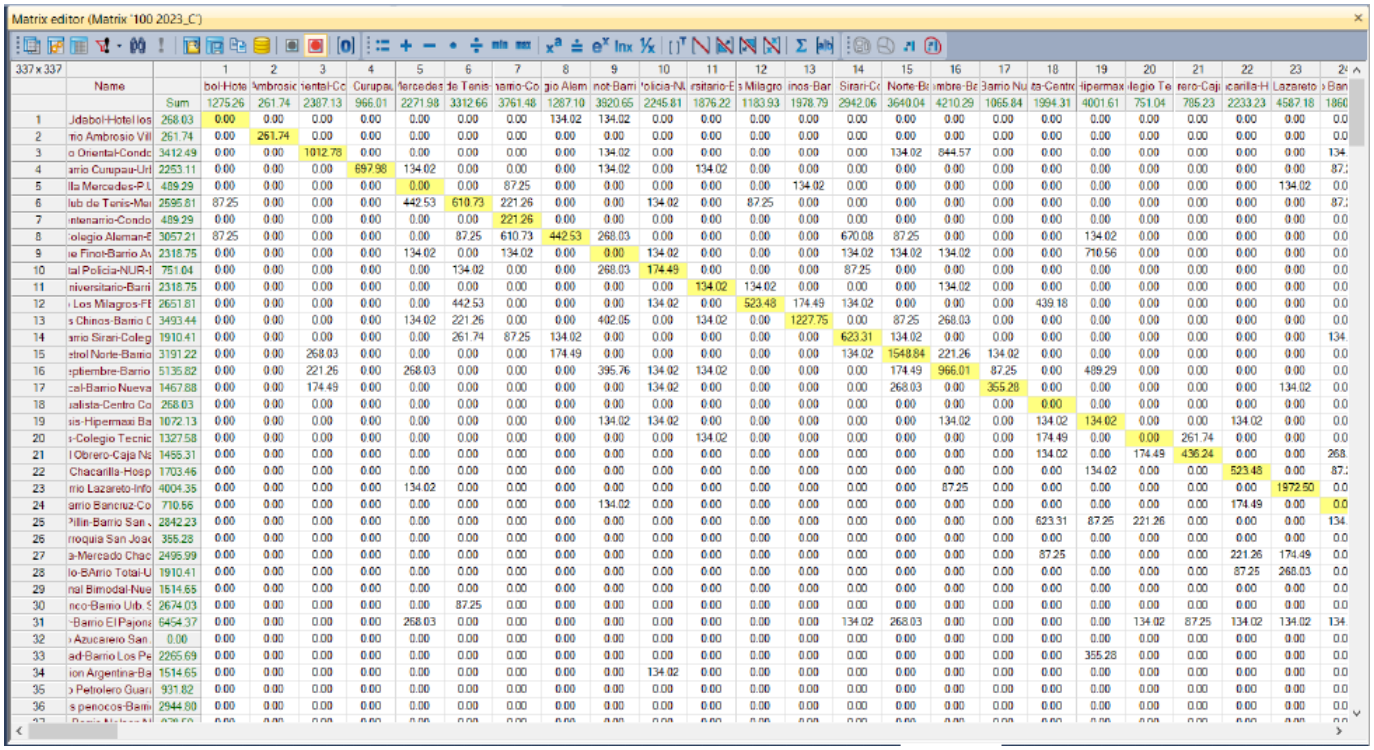
Uno de los principales requisitos son los flujos de origen-destino (O-D) generalmente representados en una matriz. Estas matrices se utilizan con frecuencia para representar la demanda de viajes distribuida espacialmente. La base para desarrollar las matrices de origen-destino de este estudio son:

- La matriz OD del Proyecto de Plan Maestro para la Mejora del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz (2016).
- Encuestas Hogares (2023).

15.2.2.1 Matriz O-D – Transporte Privado

La Matriz Origen destino de transporte privado cuenta con un total de 500,362 vehículos que transitan en las Horas de diseño de 7:00 a 9:00 de la mañana. Esta matriz se visualiza en el modelo de transporte Visum como se muestra en la siguiente figura.

Figura No 128 Matriz O-D para el transporte privado



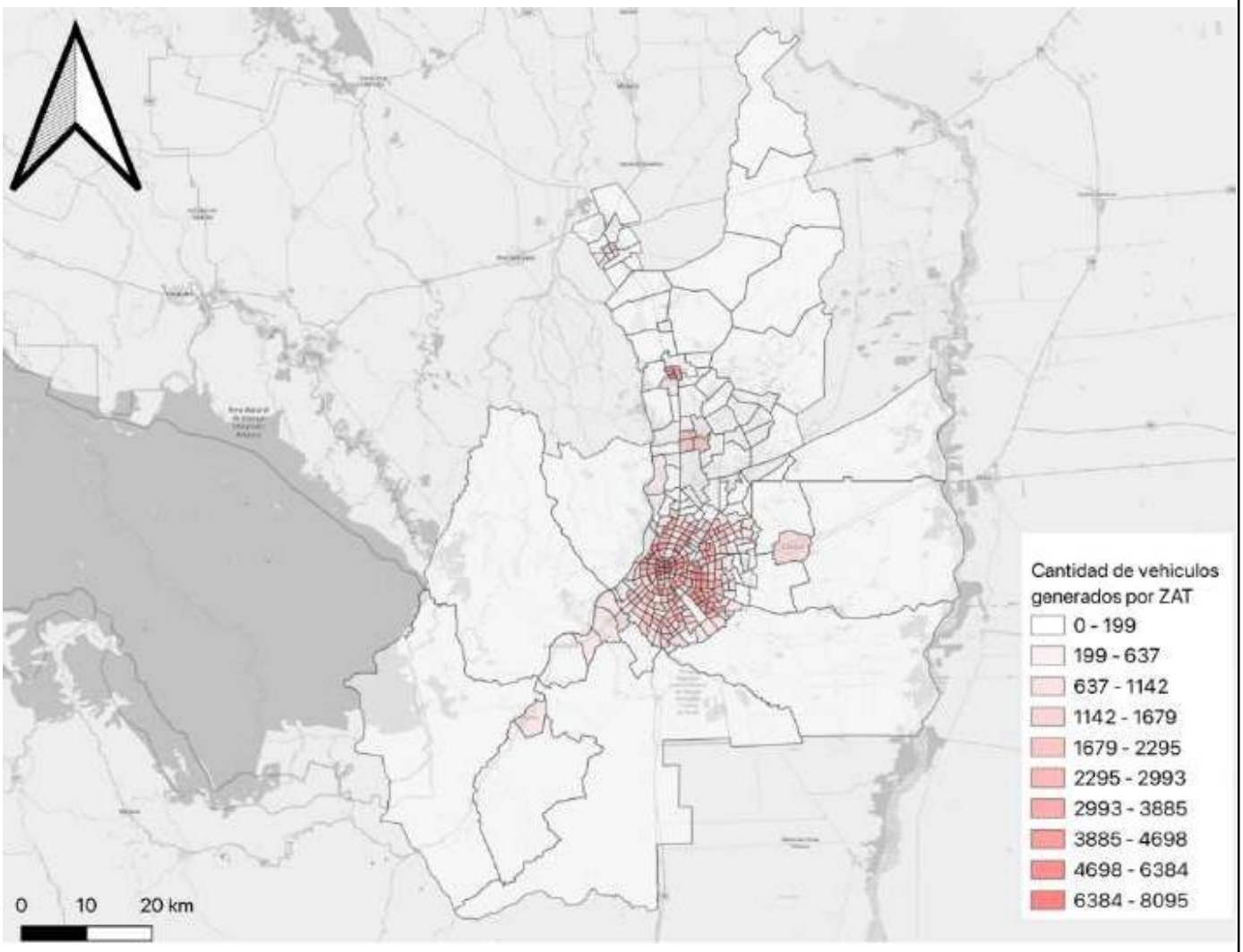
Matrix editor (Matrix "100 2023_C")

337 x 337	Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
			bol-Hote	mbrosio	ental-Co	Curupau	ercedes	de Tenis	barrio-Co	gio Alem	not-Barri	olicia-NU	esitario-E	s Milagro	inos-Bar	Sirari-Co	Norte-Bo	mbre-Ba	Barrio Nu	ta-Centro	ipermax	legio Te	ero-Caji	carilla-H	Lazareto	Ban
		Sum	1275.26	261.74	2387.13	966.01	2271.98	3312.66	3761.48	1287.10	3920.65	2245.81	1876.22	1183.93	1978.79	2942.06	3640.04	4210.29	1065.84	1994.31	4001.61	751.04	785.23	2233.23	4587.18	1860
1	Jdabol-Hotel los	268.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2	rio Ambrosio Vill	261.74	0.00	261.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
3	o Oriental-Conda	3412.49	0.00	0.00	1012.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	844.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134
4	arrio Curupau-Urb	2253.11	0.00	0.00	0.00	697.98	134.02	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.
5	lla Mercedes-P L	489.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.0
6	lub de Tenis-Mai	2595.81	87.25	0.00	0.00	0.00	442.53	610.73	221.26	0.00	0.00	134.02	0.00	87.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.
7	ntenarrio-Condo	489.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	221.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
8	olegio Aleman-E	3057.21	87.25	0.00	0.00	0.00	0.00	87.25	610.73	442.53	268.03	0.00	0.00	0.00	0.00	670.08	87.25	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
9	o Finot-Barrio Av	2318.75	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	134.02	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	134.02	134.02	134.02	0.00	0.00	710.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
10	tal Policia-NUR-I	751.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	268.03	174.49	0.00	0.00	0.00	87.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
11	niversitario-Barri	2318.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	134.02	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
12	Los Milagros-Ft	2651.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	442.53	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	523.48	174.49	134.02	0.00	0.00	0.00	439.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
13	s Chinos-Barrio C	3493.44	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	221.26	0.00	0.00	402.05	0.00	134.02	0.00	1227.75	0.00	87.25	268.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
14	arrio Sirari-Coleg	1910.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	261.74	87.25	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	623.31	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134
15	etrol Norte-Barrio	3191.22	0.00	0.00	268.03	0.00	0.00	0.00	0.00	174.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	1548.84	221.26	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
16	eptiembre-Barrio	5135.82	0.00	0.00	221.26	0.00	268.03	0.00	0.00	0.00	395.76	134.02	134.02	0.00	0.00	0.00	174.49	966.01	87.25	0.00	489.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
17	tal-Barrio Nueva	1467.88	0.00	0.00	174.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	268.03	0.00	355.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.0
18	alista-Centro Co	268.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
19	sis-Hipermax Ba	1072.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	134.02	134.02	0.00	0.00	134.02	0.00	0.0
20	s-Colegio Tecnic	1327.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	174.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
21	l Obrero-Caja Na	1455.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	174.49	436.24	0.00	0.00	268.
22	Chacarilla-Hosp	1703.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	523.48	0.00	87.
23	rrio Lazareto-Info	4004.35	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1872.50	0.0
24	arrio Bancruz-Co	710.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	174.49	0.00	0.0
25	Pillin-Barrio San	2842.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	623.31	87.25	221.26	0.00	0.00	0.00	134.
26	rroquia San Joac	355.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
27	a-Mercado Chac	2495.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.25	0.00	0.00	0.00	221.26	174.49	0.0
28	lo-BArrio Total-U	1910.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.25	268.03	0.0
29	nal Bimodal-Nue	1514.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
30	nco-Barrio Urb. S	2674.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
31	-Barrio El Pajona	6454.37	0.00	0.00	0.00	0.00	268.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	268.03	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	87.25	134.02	134.02	134
32	Azucareto San	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
33	ad-Barrio Los Pe	2265.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	355.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
34	ion Argentina-Ba	1514.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
35	Petrolero Guari	931.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
36	s penocos-Barri	2944.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0

Fuente: Prointec

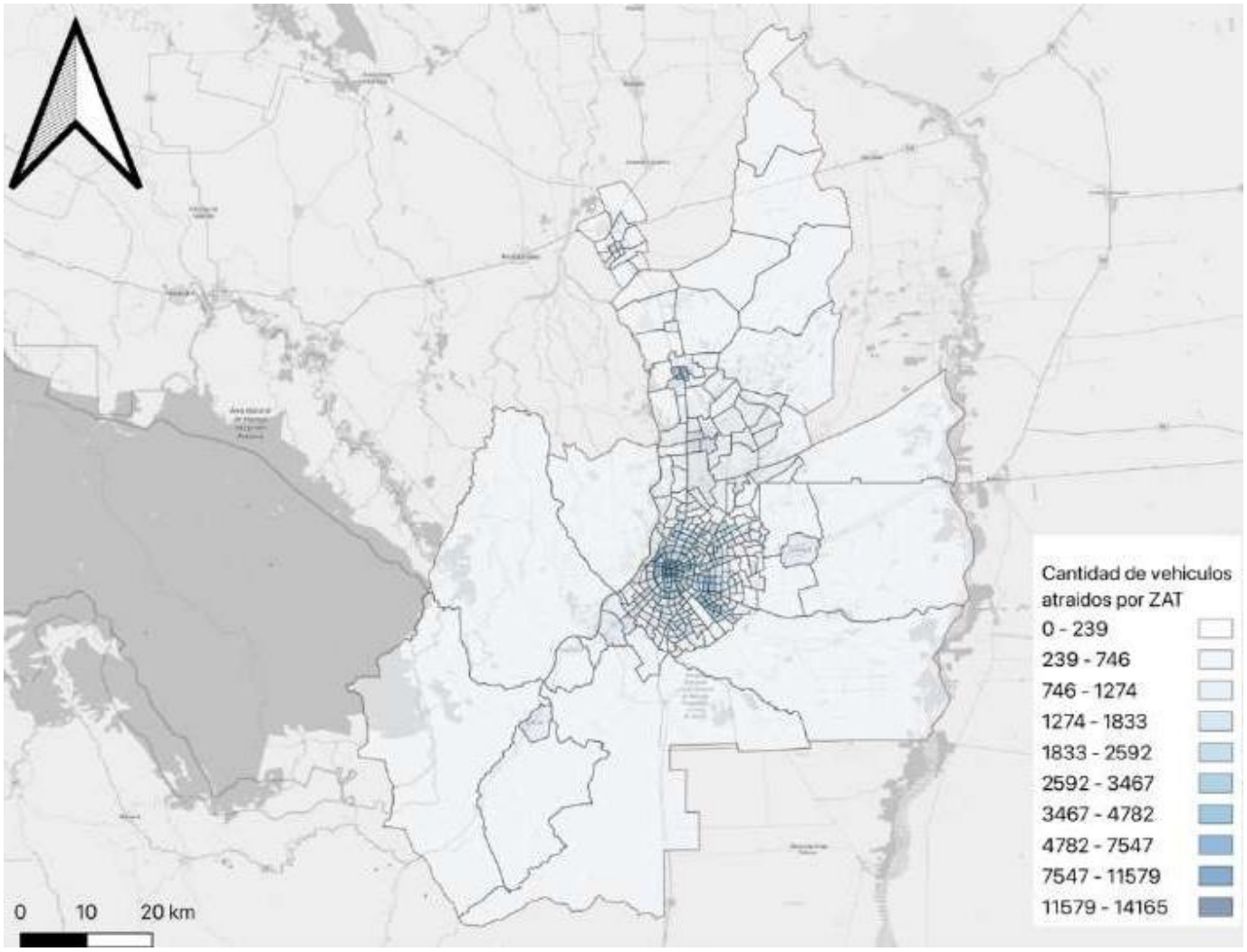
Para una mejor comprensión de la generación y atracción de vehículos a las diferentes zonas de análisis de tráfico es que se grafican los volúmenes relativos al área de las mismas en las 2 figuras siguientes.

Figura No 129 Generación de viajes matriz OD vehículos privados– Santa Cruz (2023)



Fuente: Prointec

Figura No 130 Atracción de viajes matriz OD vehículos privados– Santa Cruz (2023)



Fuente: Prointec

15.2.2.2 Matriz O-D – Transporte Público

La Matriz Origen destino de transporte público cuenta con los viajes diferenciados por estrato social sumando un total de 382,361 viajes que transitan en las Horas de diseño de 7:00 a 9:00 de la mañana.

La matriz de estrato social bajo cuenta con un total de 191,695 viajes que se visualiza en el modelo de transporte Visum como se muestra en la figura que sigue.

Figura No 131 Matriz Origen – Destino para el transporte público ingreso bajo

Matrix editor (Matrix '200 2023_TP_b')

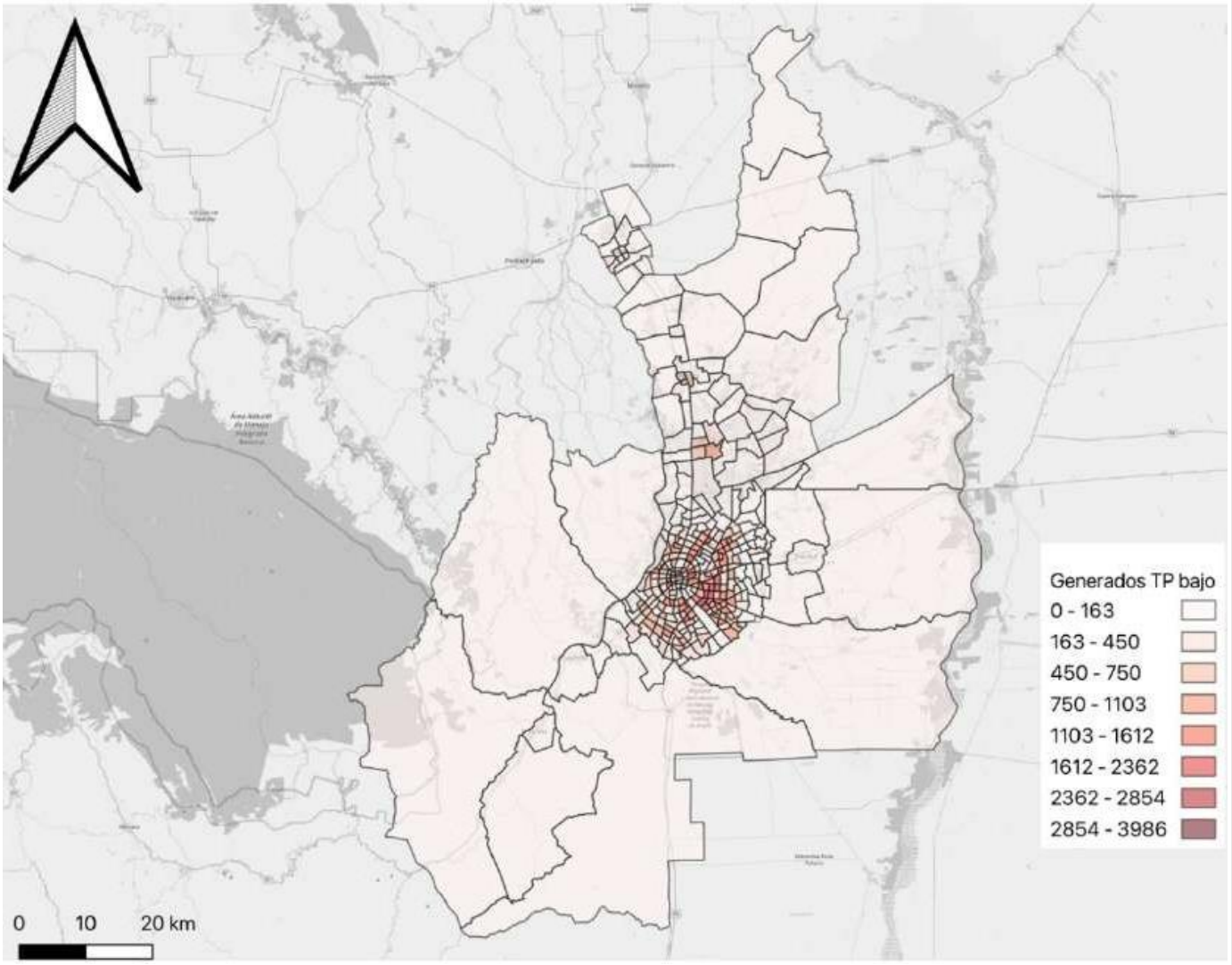
337 x 337

	Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			bol-Hote	Ambrosio	ental-Co	Curupau	Mercedes	de Tenis	barrio-Co	gio Alem	not-Barr	olicia-Na	sitario-E	s Milagro	inos-Bar	Sirari-Co	Norte-Ba	umbre-Ba	Barrio Nu	ta-Centro	-Hipermax	legio Te	rero-Caj	ucarilla-H	Lazareto
		Sum	1525.19	65.20	260.81	326.01	1845.89	887.27	9713.29	847.64	1835.05	947.78	982.85	426.16	647.30	546.78	954.52	989.32	367.55	2396.30	2109.19	817.38	1012.99	1905.06	2983.90
1	r-Udabol-Hotel los	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	arrio Ambrosio Villa	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	rio Oriental-Condor	1404.20	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	65.20	65.20	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Barrio Curupau-Urb.	1108.45	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	65.20	130.41	0.00	0.00	326.01	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00
5	Villa Mercedes-P.U.	230.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Club de Tenis-Merc	391.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Centenario-Condor	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Colegio Aleman-Ba	586.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	que Finot-Barrio Ava	260.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	ptal Policia-NUR-B	542.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Universitario-Barrio	326.01	0.00	65.20	0.00	0.00	65.20	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	io Los Milagros-FE	621.77	0.00	0.00	0.00	0.00	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15
13	os Chinos-Barrio Co	822.06	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Barrio Sirari-Colegio	295.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	petrol Norte-Barrio V	586.82	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	195.61	0.00	0.00
16	Septiembre-Barrio E	882.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	xical-Barrio Nueva ja	1343.69	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00
18	ntualista-Centro Com	561.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	usis-Hipermax Ban	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	is-Colegio Tecnico	260.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	tal Obrero-Caja Nac	591.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	o Chacarilla-Hospit	817.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	195.61
23	arrio Lazareto-Infoc	2156.38	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	65.20	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	426.16
24	Barrio Bancruz-Cole	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	Pillin-Barrio San Ju	1769.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	265.50	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	195.61	0.00
26	arroquia San Joaqu	260.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	lla-Mercado Chaca	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	ido-BArrio Total-UE	686.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00
29	minal Bimodal-Nuev	1213.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	230.55	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20
30	anco-Barrio Urb. Sa	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	ur-Barrio El Pajonal	456.42	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	io Azucarero San A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	dad-Barrio Los Pen	521.62	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00
34	cion Argentina-Barr	295.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	rio Petrolero Guarar	852.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	os penocos-Barrio	1078.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20

Fuente: Prointec

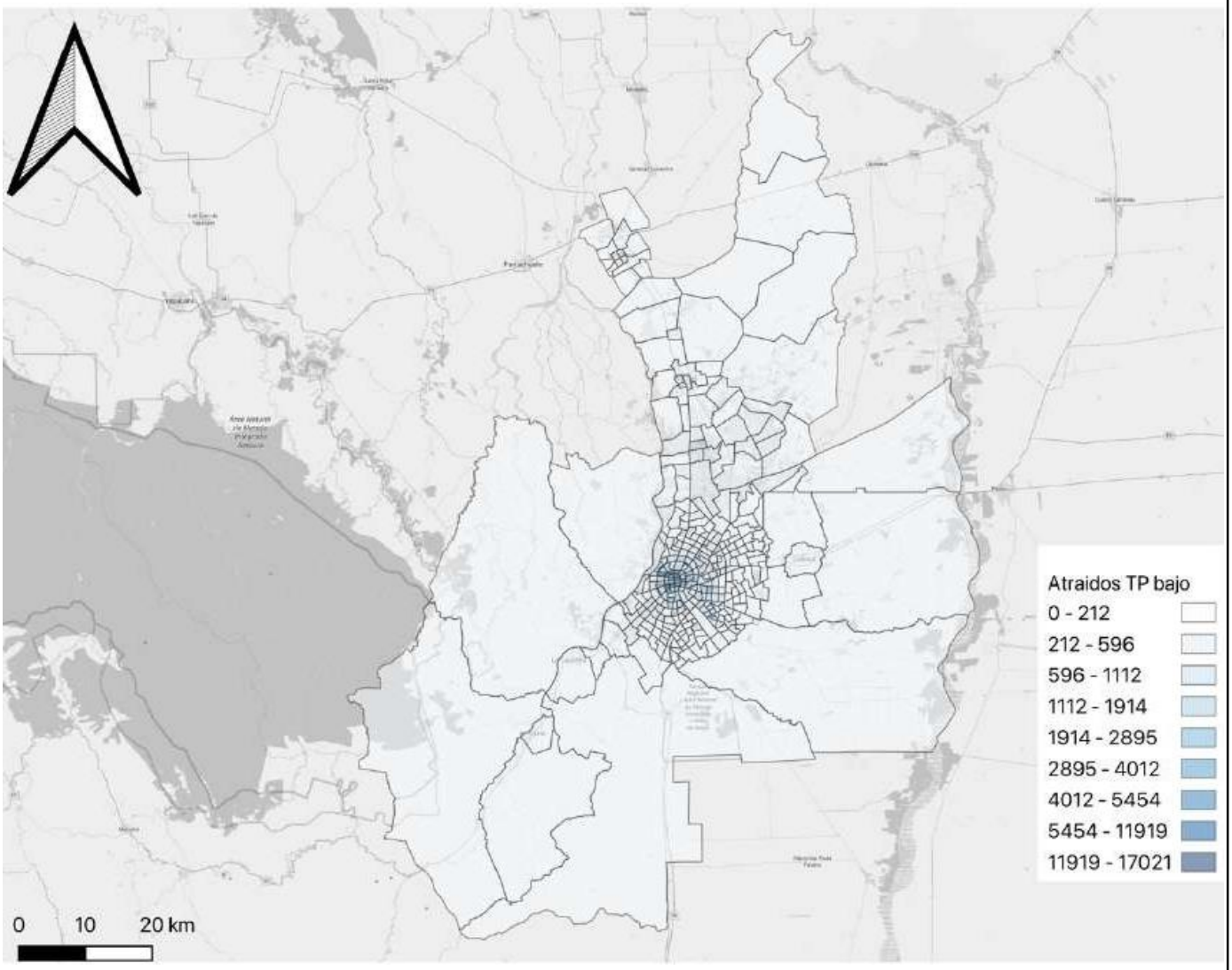
Para una mejor comprensión de la generación y atracción de viajes de estrato social bajo a las diferentes zonas de análisis de tráfico es que se grafican los volúmenes relativos al área de las mismas en las 2 figuras a continuación.

Figura No 132 Generación de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Bajo, Año 2023



Fuente: Prointec

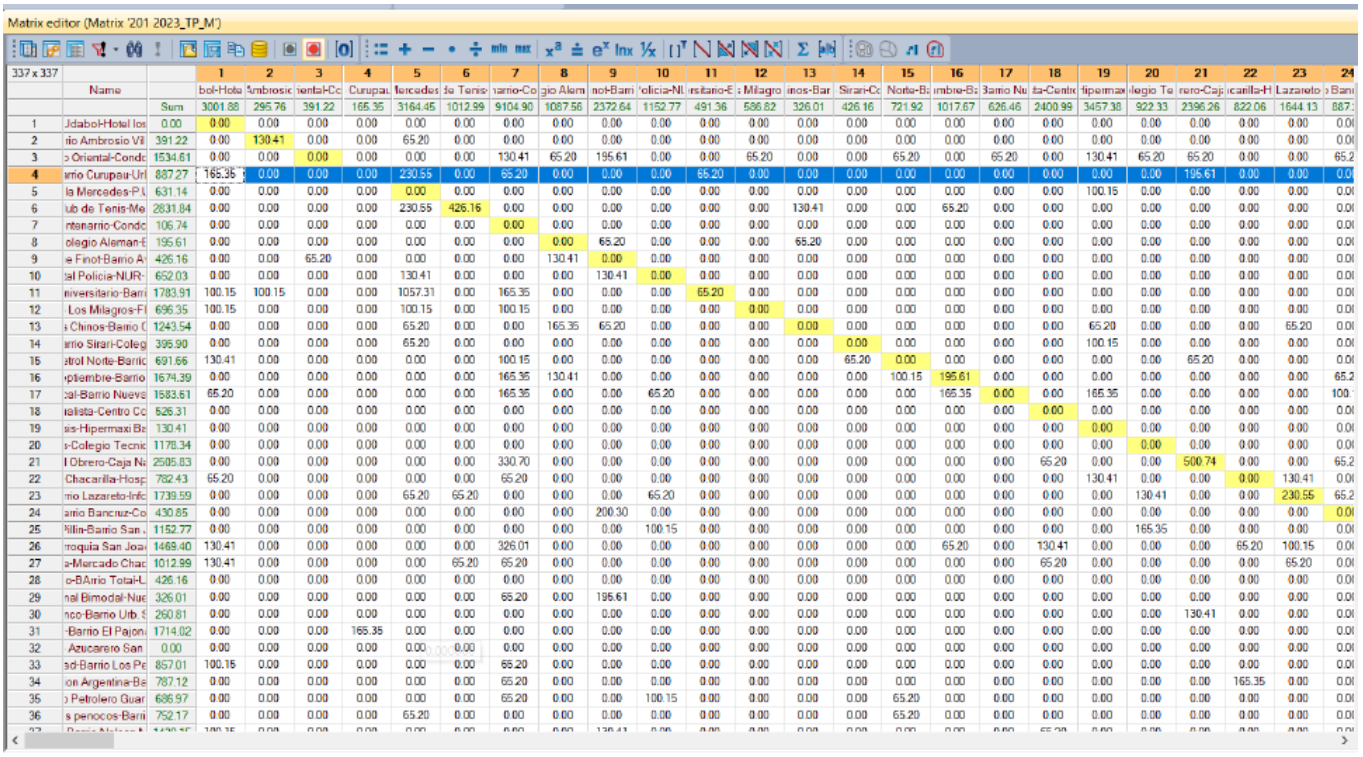
Figura No 133 Atracción de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Bajo, Año 2023



Fuente: Prointec

La matriz de estrato social medio cuenta con un total de 178,548 viajes que se visualiza en el modelo de transporte Visum como se muestra a continuación.

Figura No 134 Matriz Origen – Destino para el transporte público Ingreso medio



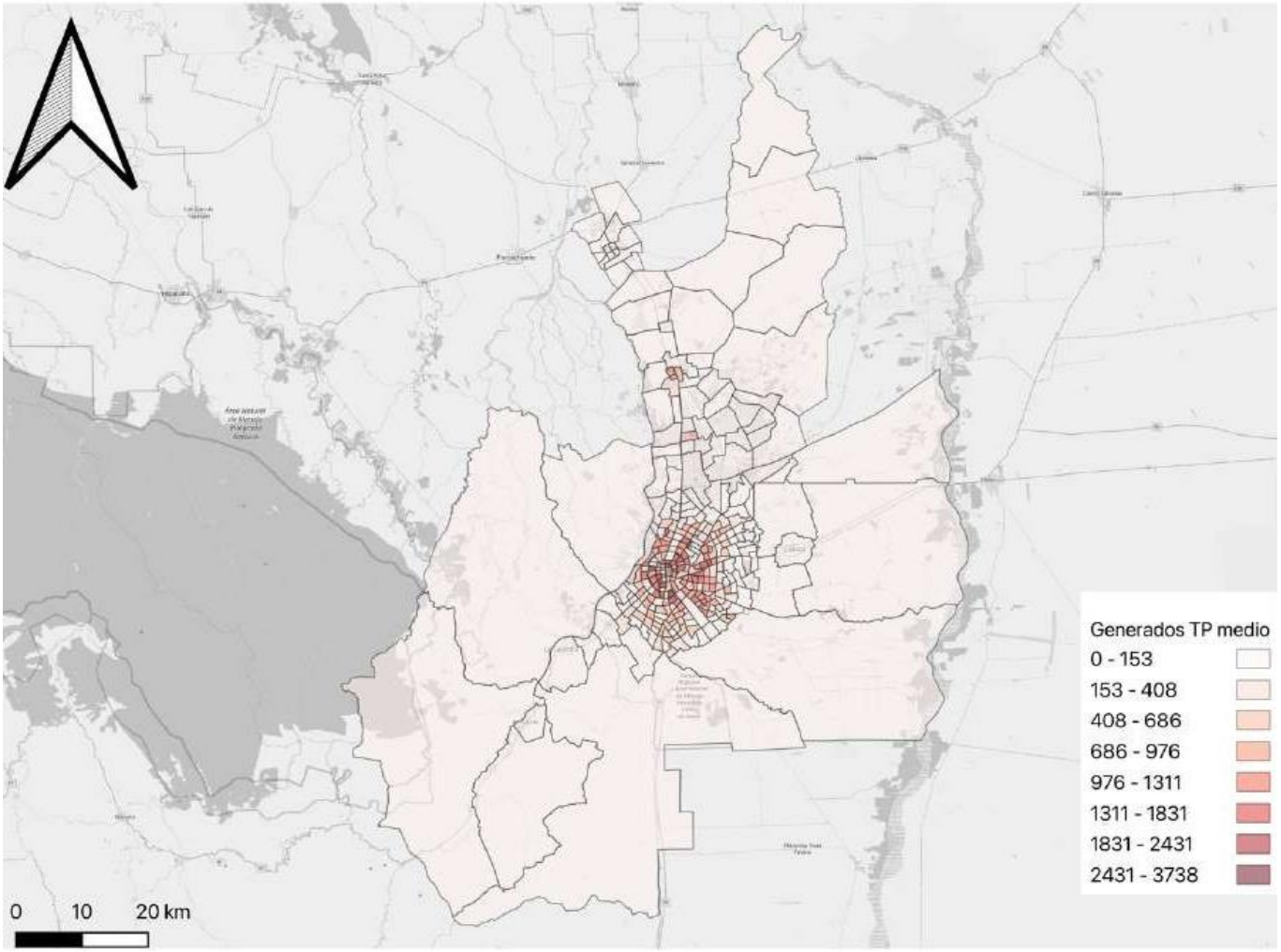
Matrix editor (Matrix '201 2023_TP_M')

337 x 337	Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
			bol-Hote	Ambrosio	ental-Co	Curupau	Mercedes	de Tenis	barrio-Co	gio Alem	not-Barri	olicia-NU	rsitario-E	s Milagro	inos-Bar	Sirari-Co	Norte-Bs	imbre-Bs	Barrio Nu	ta-Centro	fipermax	legio Te	nero-Caj	icarilla-H	Lazareto	s Bari
		Sum	3001.88	295.76	391.22	165.35	3164.45	1012.99	9104.90	1087.56	2372.64	1152.77	491.36	586.82	326.01	426.16	721.92	1017.67	626.46	2400.99	3457.38	922.33	2396.26	822.06	1644.13	887.
1	Jdabol-Hotel los	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2	rio Ambrosio Vil	391.22	0.00	130.41	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
3	o Oriental-Condo	1534.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	65.20	195.61	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	65.20	0.00	65.20	0.00	130.41	65.20	65.20	0.00	0.00	65.2
4	arrio Curupau-Urb	887.27	165.35	0.00	0.00	0.00	230.55	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	195.61	0.00	0.00	0.0
5	la Mercedes-P U	631.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
6	ub de Tenis-Me	2831.84	0.00	0.00	0.00	0.00	230.55	426.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
7	ntenarrio-Condo	106.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
8	olegio Aleman-E	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
9	e Finot-Barrio A	426.16	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
10	al Policia-NUR-	652.03	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
11	niversitario-Barri	1783.91	100.15	100.15	0.00	0.00	1057.31	0.00	165.35	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
12	Los Milagros-Fl	696.35	100.15	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
13	s Chinos-Barrio C	1243.54	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	165.35	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	65.20	0.0
14	arrio Sirari-Coleg	395.90	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
15	atrol Norte-Barrio	691.66	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.0
16	eptiembre-Barrio	1674.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	165.35	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.2
17	cal-Barrio Nueva	1583.61	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	165.35	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	165.35	0.00	0.00	165.35	0.00	0.00	0.00	0.00	100.
18	ralista-Centro Co	526.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
19	ais-Hipermaxi Ba	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
20	s-Colegio Tecnic	1178.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
21	l Obrero-Caja Na	2505.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	330.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	500.74	0.00	0.00	65.2
22	Chacarilla-Hosp	782.43	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	130.41	0.0
23	rio Lazareto-Info	1739.59	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	65.20	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	230.55	65.2
24	arrio Bancruz-Co	430.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
25	Villin-Barrio San J	1152.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	165.35	0.00	0.00	0.00	0.0
26	roquia San Joa	1469.40	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	326.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	65.20	100.15	0.0
27	a-Mercado Chac	1012.99	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.0
28	o-BArrio Total-L	426.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
29	nal Bimodal-Nue	326.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
30	nco-Barrio Urb. S	260.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.0
31	-Barrio El Pajon-	1714.02	0.00	0.00	0.00	165.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
32	Azucarero San	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
33	sd-Barrio Los Pe	857.01	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
34	on Argentina-Ba	787.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	165.35	0.00	0.0
35	o Petrolero Guar	686.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
36	s penocos-Barri	752.17	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0

Fuente: Prointec

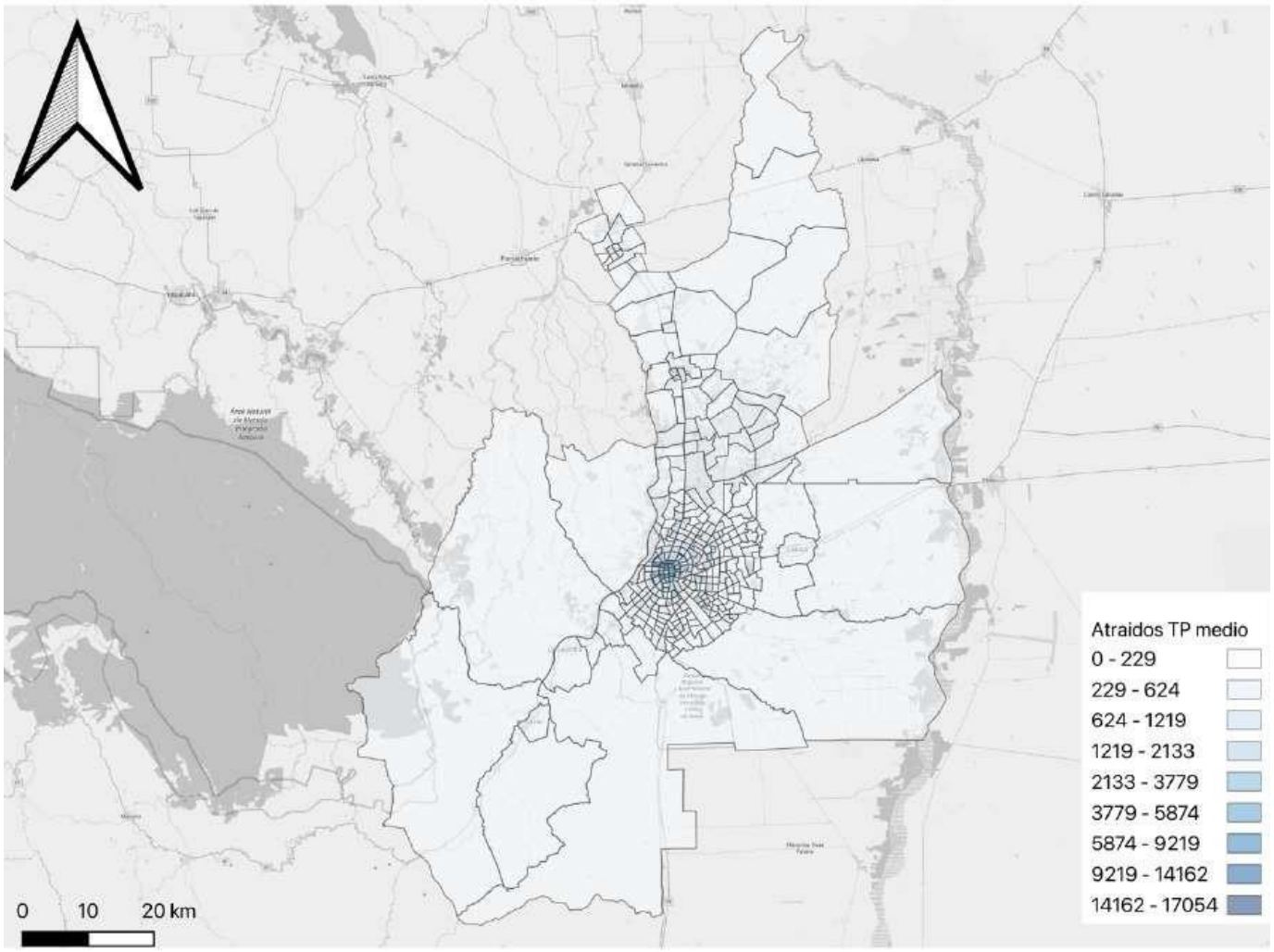
Para una mejor comprensión de la generación y atracción de viajes de estrato social medio a las diferentes zonas de análisis de tráfico es que se grafican los volúmenes relativos al área de las mismas en las 2 siguientes figuras.

Figura No 135 Generación de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Medio, Año 2023



Fuente: Prointec

Figura No 136 Atracción de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Medio, Año 2023



Fuente: Prointec

La matriz de estrato social alto cuenta con un total de 12,118 viajes que se visualiza en el modelo de transporte Visum como se muestra en la figura que sigue.

Figura No 137 Matriz Origen – Destino para el Transporte Público Ingreso Alto

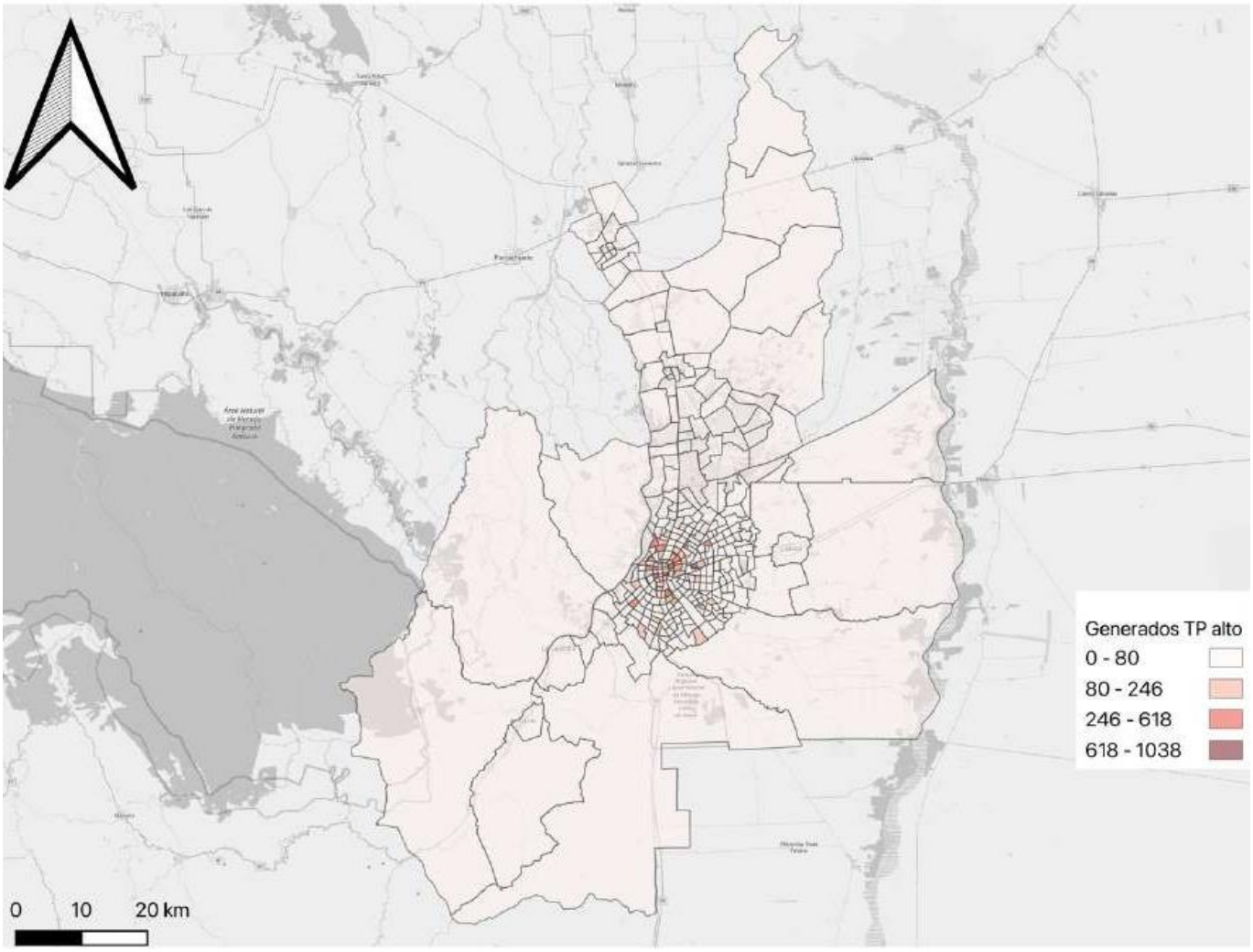
Matrix editor (Matrix '202 2023_TP_a')

337 x 337	Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
			bol-Hote	mbrosio	iental-Co	Curupau	lercedes	de Tenis	narrio-Co	gio Alem	not-Barri	olicia-NU	rsitario-B	s Milagro	inos-Bar	Sirari-Co	Norte-Ba	embre-Ba	Barrio Nu	ita-Centr	Hipermax	legio Te	rero-Caja	icarilla-H	Lazareto	Banciuz	-E
		Sum	100.15	65.20	0.00	0.00	130.41	0.00	1222.66	65.20	165.35	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	531.00	130.41	300.44	230.55	100.15	195.61	65.20	265.50	100.15	
1	abol-Hotel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	Ambrosio	65.20	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	riental-Cor	531.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	o Curupau-	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	Mercedes-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	de Tenis-N	365.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	narrio-Con	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	gio Alema	365.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	Finot-Barrio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	Policia-NU	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	ersitario-Ba	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	s Milagros	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	hinos-Barri	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	
14	o Sirari-Col	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	l Norte-Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	embre-Bar	391.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	-Barrio Nue	260.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	sta-Centro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	-Hipermaxi	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20	olegio Tec	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21	brero-Caja	491.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	
22	acarilla-Ho	265.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23	Lazareto-I	230.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24	o Banciuz-	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
25	n-Barrio Sa	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26	quia San Je	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27	Mercado CH	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
28	3Arrio Tota	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29	Bimodal-N	195.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	
30	-Barrio Uti	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
31	arrio El Paj	100.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
32	ucarero Sa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
33	-Barrio Los	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
34	Argentina-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
35	etrolero Gu	130.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
36	enocos-Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Prointec

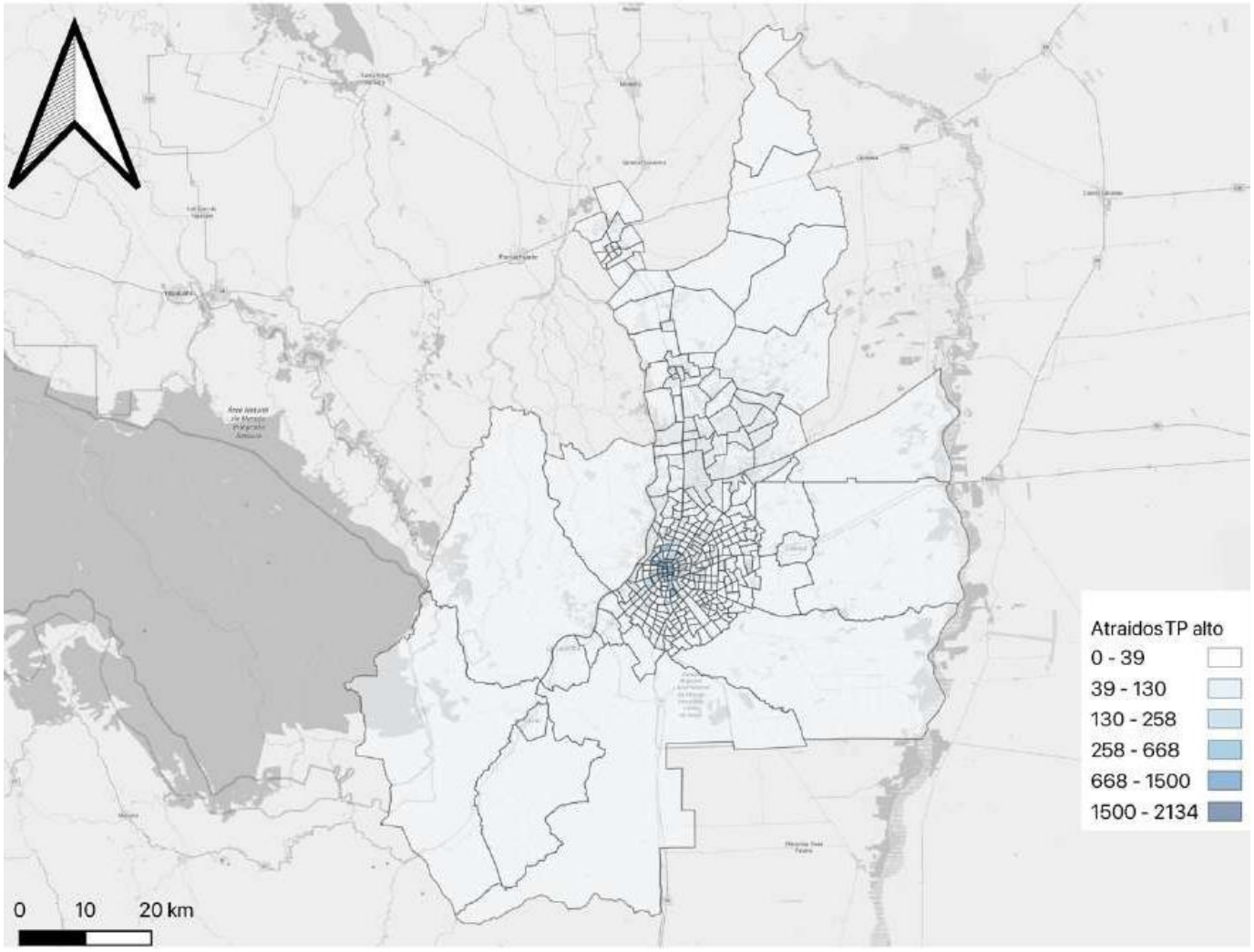
Para una mejor comprensión de la generación y atracción de viajes de estrato social alto a las diferentes zonas de análisis de tráfico es que se grafican los volúmenes relativos al área de las mismas en las 2 figuras a seguir.

Figura No 138 Generación de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Alto, Año 2023



Fuente: Prointec

Figura No 139 Atracción de Viajes – Matriz O-D Transporte Público Ingreso Alto, Año 2023



Fuente: Prointec

15.2.3. Definición de Años de Análisis

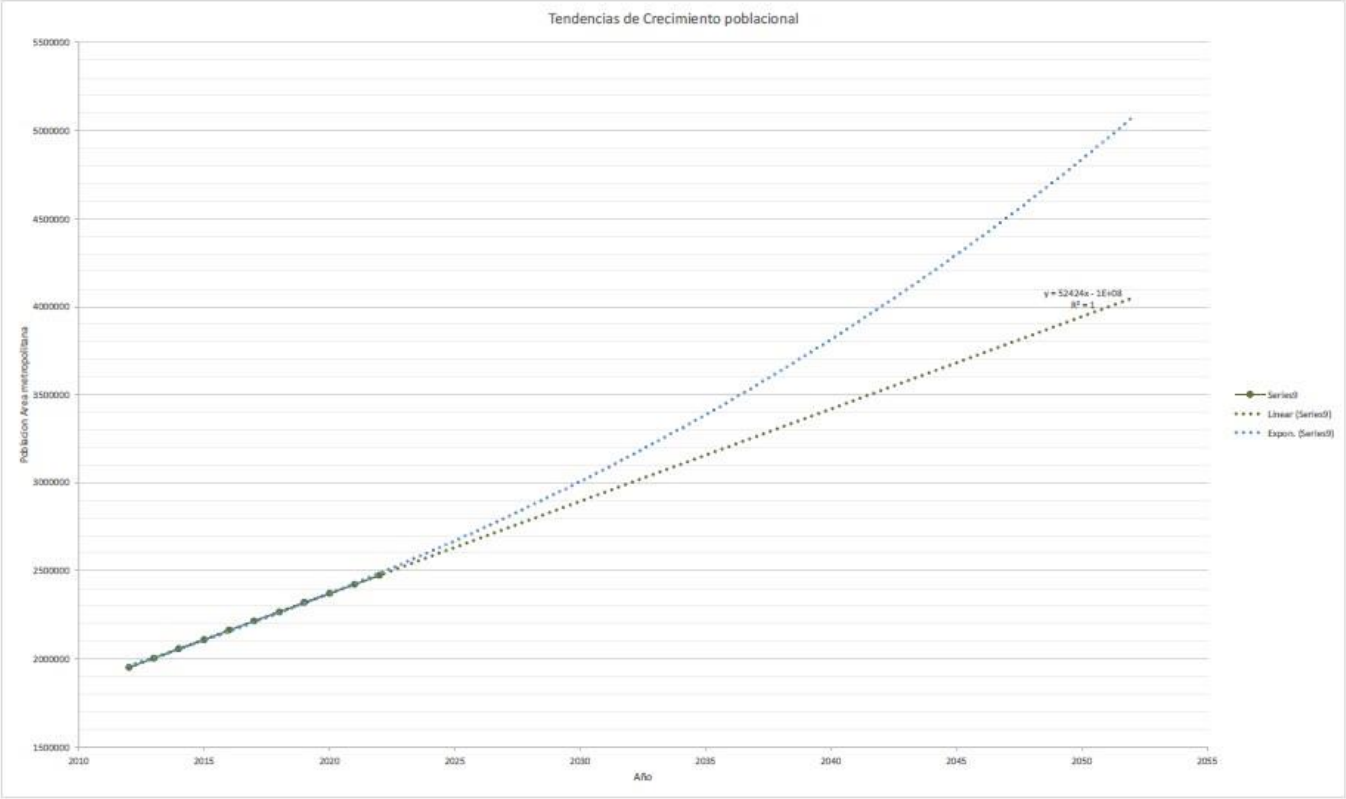
El estudio tomó como año base al 2023, al ser este el año de la actualización de la matriz origen – destino mediante el relevamiento de datos en campo. Por otra parte, se consideró al 2027 al año de inicio de operaciones del tren. Como horizonte de proyección se realizarán predicciones a 10 y 20 años a partir del año base operativo (2037 y 2047, respectivamente), considerando que normalmente los estudios estratégicos de transporte emplean esta temporalidad dados los cambios menores en los patrones de movilidad en el intermedio de estos años de proyección.

15.2.4. Proyección de la Demanda

Los cálculos de proyección se basaron en la cuidadosa recopilación de datos provenientes de las proyecciones de crecimiento de población proporcionadas por el INE. Estos datos se sometieron a un proceso de análisis que se sustenta en su serie temporal, considerando especialmente el crecimiento sostenido a lo largo del tiempo.

La metodología elegida para determinar la tendencia de crecimiento poblacional es la del crecimiento lineal. Esta elección se fundamenta en la necesidad de evitar posibles sobreestimaciones en los resultados que podrían surgir al aplicar proyecciones exponenciales a varios años. El enfoque lineal ofrece una mayor precisión en este caso y una representación coherente a la dinámica del crecimiento poblacional a lo largo del tiempo. A continuación, en la figura se presenta la tendencia lineal y logarítmica para su comparación.

Figura No 140 Tendencia de crecimiento poblacional del área metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Prointec

Los factores utilizados para la proyección de los viajes para cada uno de los años son:

- Para el 2027 el factor es 1.12
- Para el 2037 el factor es 1.36
- Para el 2047 el factor es 1.60

En el caso de los vehículos privados, se ha optado por mantener una tendencia de crecimiento lineal. Esta elección se fundamenta en la necesidad de evitar posibles sobreestimaciones en los resultados que podrían surgir al aplicar proyecciones exponenciales a varios años. El enfoque lineal ofrece un resultado conservador, el cual es preferible en esta situación donde el transporte privado solo contribuye a la congestión de la red vial.

Los factores utilizados para la proyección de vehículos en la red de transporte son:

- Para el 2027 el factor es 1.36
- Para el 2037 el factor es 2.07
- Para el 2047 el factor es 2.79

15.3. Ajuste y calibración del Modelo de transporte

15.3.1. Resultados del ajuste y calibración – Transporte Privado

A continuación, se presentan los resultados de la comparación de los volúmenes de vehículos observados mediante trabajos de campo respecto a los valores de vehículos asignados y modelados.

Cuadro No 36 Comparación de volúmenes de vehículos observados y modelados

PUNTO	Sentido	Pasajeros observados	Pasajeros modelo	GEH
Av. Cristo Redentor - 7mo anillo	N-S	3526	3621	1.6
Av. 3 pasos al frente - 4to anillo	O-E	1120	930	6.0
Av. 3 pasos al frente - 4to anillo	E-O	3171	3446	4.8
3er anillo – AV. ParaguÁ	Horario	459	486	1.2
4to anillo – Av. 3 pasos al frente	Antihorario	3891	3538	5.8
4to anillo - Av Banzer	Antihorario	2167	2022	3.2
4to anillo – Av. Beni	Antihorario	3334	2738	10.8
4to anillo – Doble Vía a La Guardia	Antihorario	2093	2031	1.4
4to anillo – Doble Vía a La Guardia	Horario	2928	2856	1.3
4to anillo - Av. Piraí	O-E	2692	2489	4.0
4to anillo - Av. Piraí	E-O	1882	1858	0.6

4to anillo - radial 19	Horario	5756	5415	4.6
4to anillo - radial 26	Antihorario	4105	4136	0.5
4to anillo - radial 27	HORARIO	3289	3087	3.6
4to anillo – Av. San Aurelio	Antihorario	3693	3265	7.3
4to anillo – Av. San Aurelio	Horario	1739	1732	0.2
4to anillo – Av. Santos Dumont	Antihorario	3222	3076	2.6
4to anillo – Av. Santos Dumont	Horario	2393	2333	1.2
4to anillo – Av. Alemana	Antihorario	3512	3169	5.9
Av. Alemana - 4to anillo	S-N	1914	1570	8.2
Av. Alemana - 4to anillo	N-S	2728	2467	5.1
Av. Banzer - 4to anillo	S-N	3248	3232	0.3
Av. Banzer - aeropuerto	N-S	2059	2062	0.1
Av. Banzer - aeropuerto	S-N	2134	2138	0.1
Av. Beni - 4to anillo	S-N	1544	1483	1.6
Av. Beni - 4to anillo	N-S	2698	2388	6.1
entrada a Montero	S-N	1237	1383	4.0
Av. Paraguá - 3er anillo	O-E	2484	2426	1.2
radial 26 - 4to anillo	S-N	798	774	0.9
radial 26 - 4to anillo	N-S	1483	1483	0.0
radial 27 - 4to anillo	S-N	1076	1288	6.2
radial 27 - 4to anillo	N-S	974	1087	3.5
Av. San Aurelio - 4to anillo	N-S	1335	1336	0.0
Av. San Aurelio - 4to anillo	S-N	2862	3378	9.2
Av. Santos Dumont - 4to anillo	S-N	4835	4988	2.2
Av. Santos Dumont - 4to anillo	N-S	1289	1174.38611	3.3

Fuente: Prointec

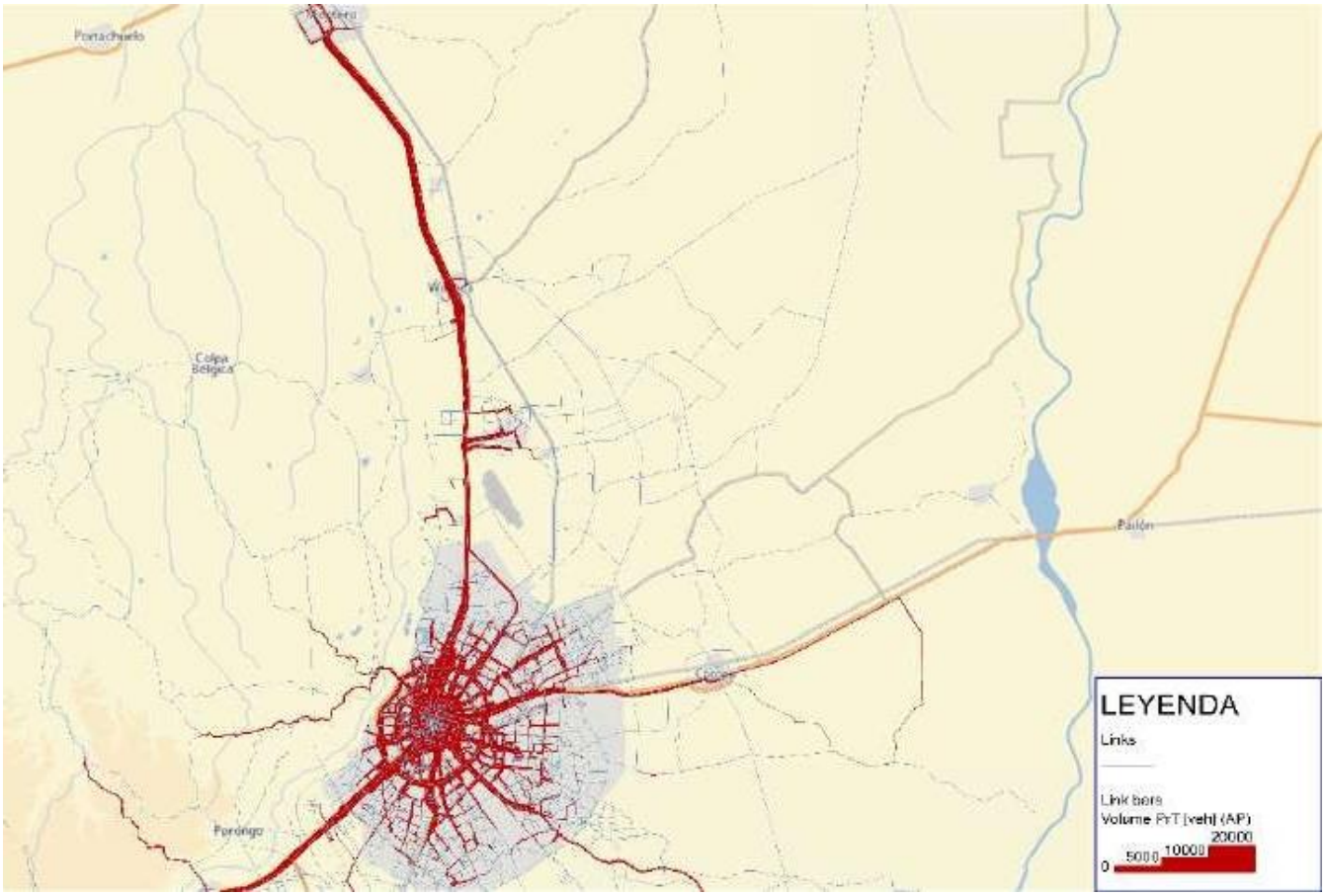
Como se muestra en la quinta columna del cuadro anterior, los indicadores GEH por cada punto se encuentran entre 0.0 y 10.8, obteniendo porcentajes aceptables para cada uno de los rangos definidos.

15.3.2. Asignación de Transporte Privado Calibrado

A partir de los insumos del modelo (red vial, red de transporte público, sistema tarifario, matriz O- D para el año base) y la función de impedancia indicados, el algoritmo de asignación y la

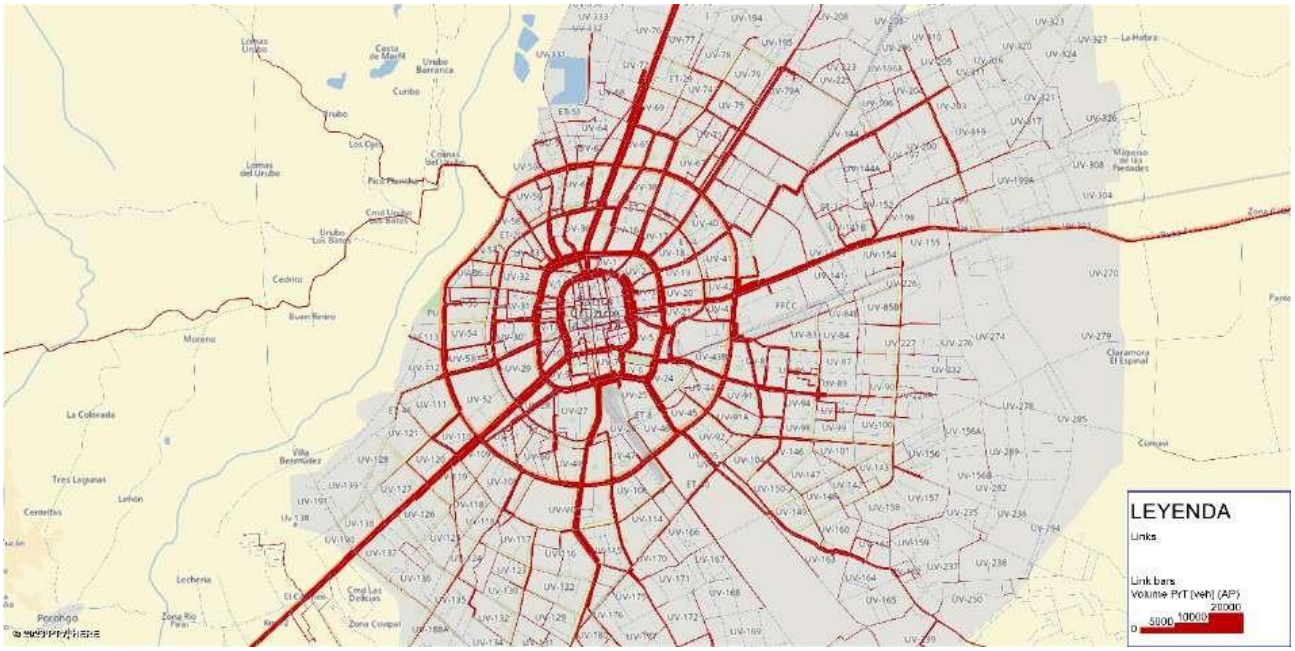
calibración del modelo de transporte Visum genera los volúmenes de vehículos agregados que se muestran en las figuras siguientes.

Figura No 141 Asignación de viajes en transporte privado calibrado



Fuente: Prointec

Figura No 142 Asignación de viajes en transporte privado calibrado – Santa Cruz de la Sierra



Fuente: Prointec

15.3.3. Resultados del ajuste y calibración – Transporte Público

A continuación, se presentan los resultados de la comparación de los volúmenes de pasajeros observados mediante trabajos de campo respecto a los valores de pasajeros asignados y modelados.

Cuadro No 37 Comparación de volúmenes de pasajeros observados y modelados

PUNTO	Sentido	Pasajeros observados	Pasajeros modelo	GEH
2do anillo entre Mutualista y Av. Paraguá	Antihorario	10450	11384	8.9
3er anillo y Av. Piraí	Antihorario	2971	2649	6.1
3er anillo y Av. Piraí	Horario	4253	4618	5.5
Av. 3 pasos al frente y Av. 1ero de mayo	O-E	2051	1972	1.8
Av. 3 pasos al frente y Av. 1ero de mayo	E-O	5312	5272	0.6
Av. Brasil y Prolongación San Pablo	O-E	2887	2447	8.5
Av. Brasil y Prolongación San Pablo	E-O	3036	3055	0.3
Av. Centenario y 2do anillo	O-E	967	1086	3.7
Av. Centenario y 2do anillo	E-O	1551	1584	0.8
Av. Cristo Redentor y 2do anillo	N-S	6294	6389	1.2

Av. Cristo Redentor y 2do anillo	S-N	4776	5170	5.6
Av. Cristo Redentor y 4to anillo	S-N	3379	3489	1.9
Av. Cristo Redentor y 4to anillo	N-S	4356	4665	4.6
Av. Cristo Redentor y 7mo anillo	S-N	2890	2989	1.8
Av. Cristo Redentor y 7mo anillo	N-S	1835	2040	4.6
Av. Cumavi y Av. Cachuelas	O-E	2092	2065	0.6
Av. Cumavi y Av. Cachuelas	E-O	4684	5010	4.7
Av. Grigota y 2do anillo	O-E	4524	5008	7.0
Av. Grigota y 2do anillo	E-O	6828	7673	9.9
Av. Grigota y 4to anillo	O-E	3176	3162	0.2
Av. Grigota y 4to anillo	E-O	6396	6317	1.0
Av. Mutualista y 3er anillo intero	O-E	2914	3413	8.9
Av. Mutualista y 3er anillo intero	E-O	2820	3122	5.5
Av. Mutualista y 4to anillo	O-E	3403	3469	1.1
Av. Mutualista y 4to anillo	E-O	3627	3539	1.5
Av. Mutualista y 8vo anillo	N-S	225	270	2.9
Av. Paurito y Mercado Guapuru	O-E	4653	4837	2.7
Av. Paurito y Mercado Guapuru	E-O	3330	3234	1.7
Av. San Aurelio y 2do anillo	N-S	2080	2326	5.2
Av. San Aurelio y 2do anillo	S-N	6261	6418	2.0
Av. San Aurelio y Av. Plan 3000	N-S	5912	5422	6.5
Av. San Aurelio y Av. Plan 3000	S-N	5412	5272	1.9
Av. Santos Dumont entre 3er anillo int y externo	S-N	11331	11398	0.6
Av. Santos Dumont entre 3er anillo int y externo	N-S	3459	3817	5.9
Av. Santos Dumont y El Trillo	S-N	4897	5002	1.5
Av. Santos Dumont y El Trillo	N-S	1428	1365	1.7
Av. tres pasos al frente y 3er anillo	O-E	1752	1752	0.0
Av. tres pasos al frente y 3er anillo	E-O	4413	4880	6.9
Av. Virgen de Cotoca y 4to anillo	O-E	2707	2604	2.0
Av. Virgen de Cotoca y 4to anillo	E-O	4977	5316	4.7
Av. Virgen de Cotoca y 9no anillo	O-E	3176	2986	3.4
Av. Virgen de Cotoca y 9no anillo	E-O	6396	6330	0.8
Av. Virgen de Cotoca y Av. Montecristo	O-E	3816	4124	4.9
Av. Virgen de Cotoca y Av. Montecristo	E-O	9321	9206	1.2
Av. Virgen de Luján y 9no anillo	O-E	1952	2014	1.4

Av. Virgen de Luján y 9no anillo	E-O	4423	4240	2.8
Calle 24 de septiembre	S-N	5561	6332	10.0
Calle Arenales	O-E	5973	6033	0.8
Calle Charcas	E-O	8186	8110	0.8
Calle Cochabamba	N-S	1965	2054	2.0
Calle Mercado	O-E	8290	7640	7.3
Calle Pari	E-O	2000	2319	6.9
Montero - Santa Cruz	N-S	950	950	0.0
Radial 23 y 3er anillo	O-E	1172	911	8.1
Santa Cruz - Montero	S-N	230	237	0.5

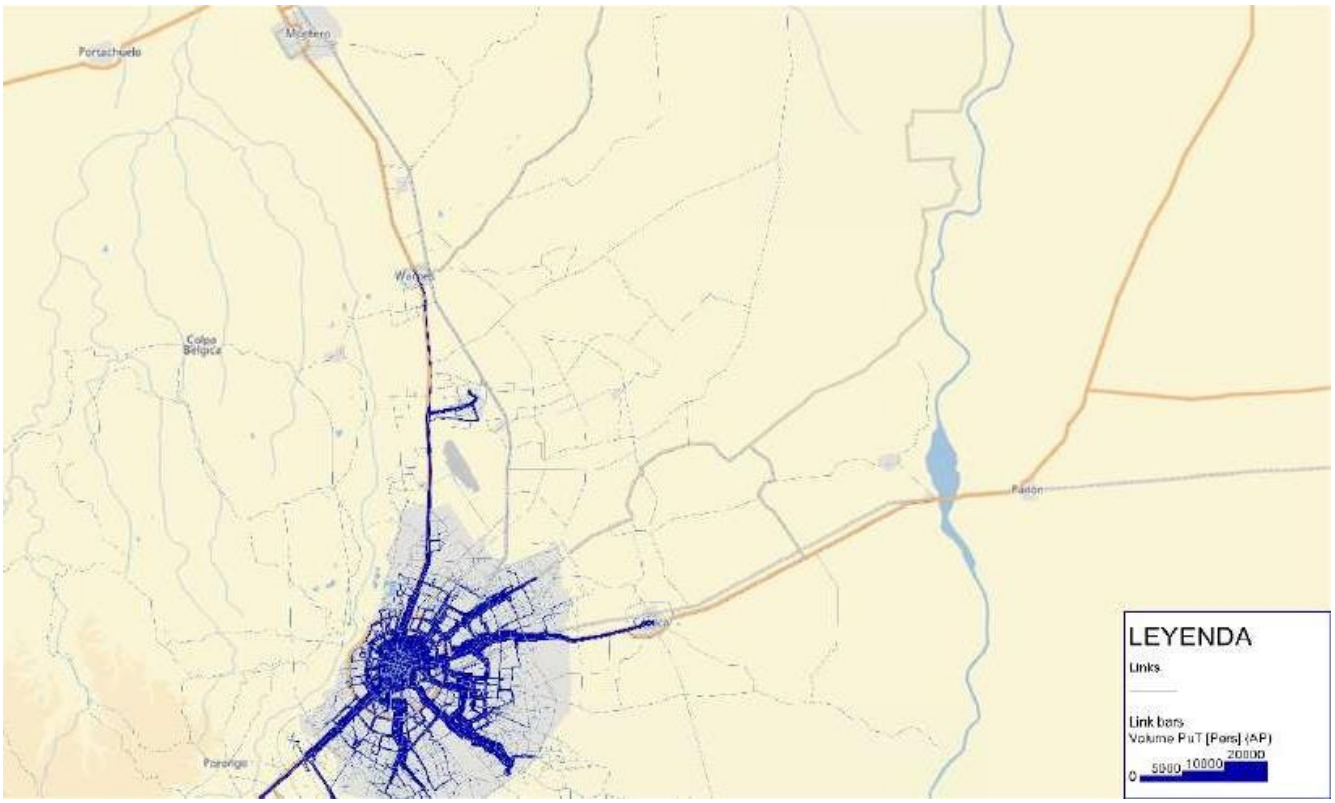
Fuente: Prointec

Como se muestra en la quinta columna del cuadro anterior, los indicadores GEH por cada punto se encuentran entre 0.0 y 10.8, obteniendo porcentajes aceptables para cada uno de los rangos definidos.

15.3.4. Asignación de Transporte Público Calibrado

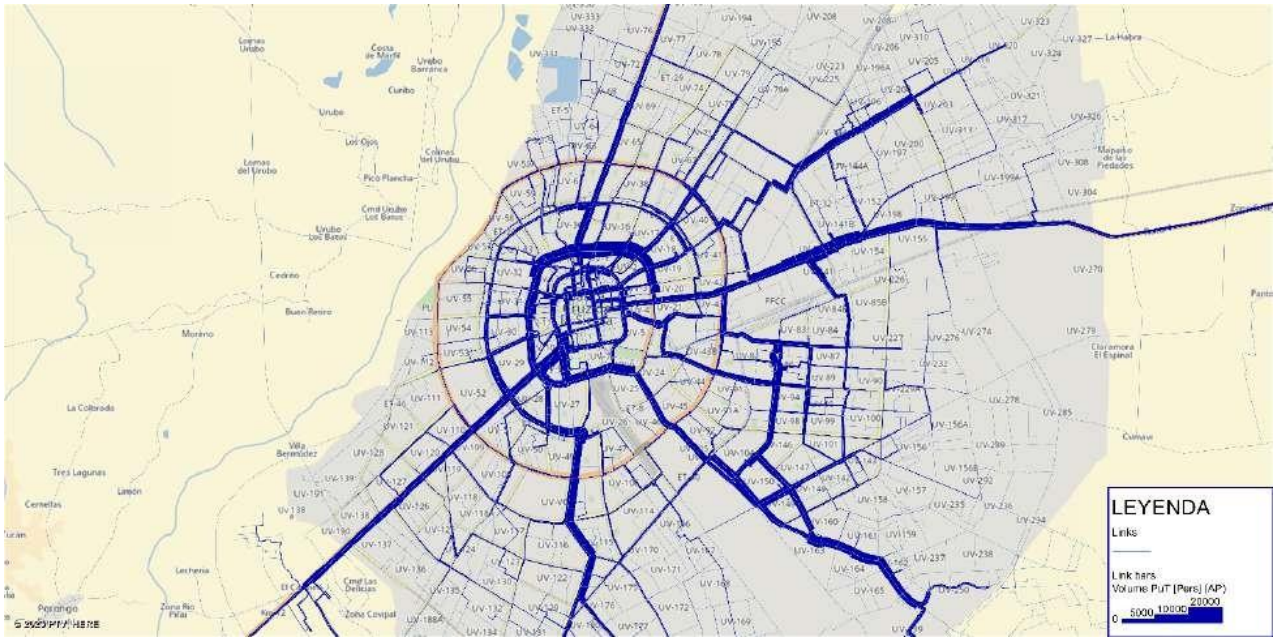
A partir de los insumos del modelo (red vial, red de transporte público, sistema tarifario, matriz O- D para el año base) y la función de impedancia indicados, el algoritmo de asignación y la calibración del modelo de transporte Visum genera los volúmenes de pasajeros agregados que se muestran en seguida.

Figura No 143 Asignación de Viajes en Transporte Público Total Calibrado



Fuente: Prointec

Figura No 144 Asignación de Viajes en Transporte Público Total – Ciudad de Santa Cruz Calibrado



Fuente: Prointec

El estudio a realizado una estimación modelada de la cantidad de pasajeros que ascienden y descienden sobre el cuarto anillo. Según el modelo, se estima que un total de 19,166 pasajeros realizan ascensos, mientras que 20,675 pasajeros realizan descensos sobre el cuarto anillo, la mayoría de estos viajes son para dirigirse o venir de otras zonas diferentes al 4to anillo.

15.4. Pronóstico de la demanda

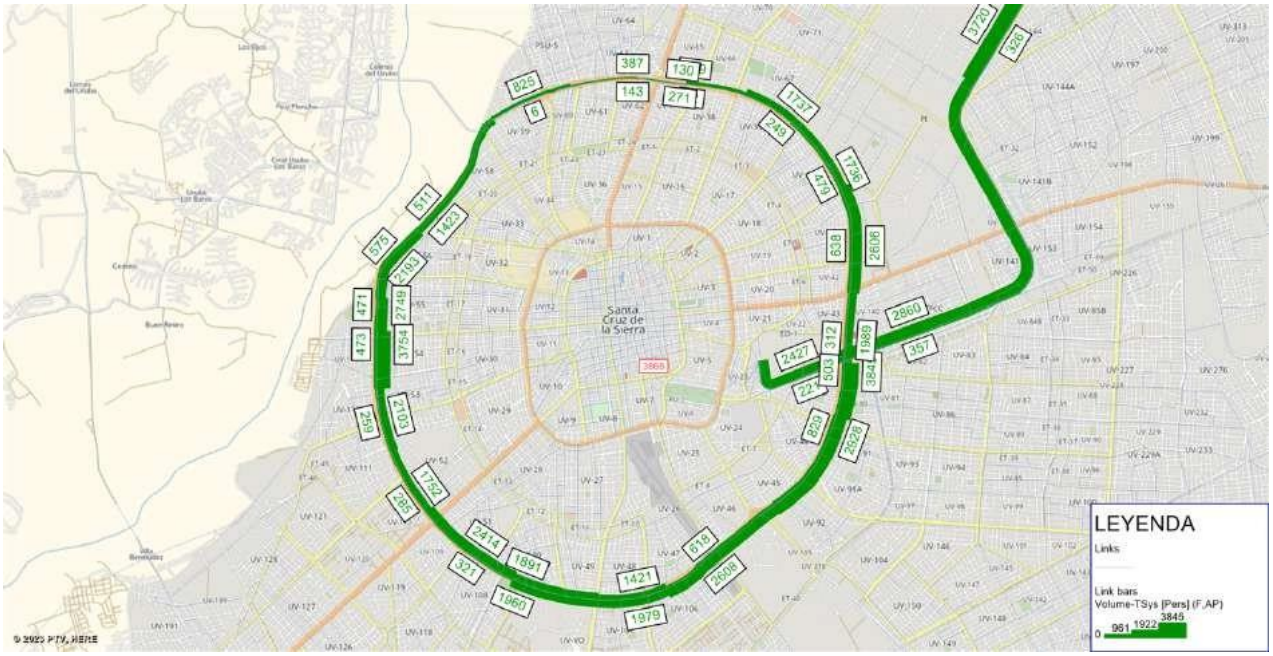
La afluencia potencial por línea del sistema para el periodo de modelación para el horizonte 2027, obtenida mediante el modelo de transporte Visum, alcanza los siguientes valores.

Cuadro No 38 Afluencia Potencial por línea – Horizonte 2027

Línea	Afluencia potencial en el periodo de modelación (pasajeros en 2 horas pico AM) 07:00 – 09:00
4to Anillo	14,805
Terminal Bimodal – Warnes – Montero	5,861
Aeropuerto Internacional Viru Viru	97
TOTAL	**20,763**

Fuente: Prointec

Figura No 145 Demanda potencial Tren Metropolitano en el 4to anillo (Periodo de modelación - horizonte 2027)

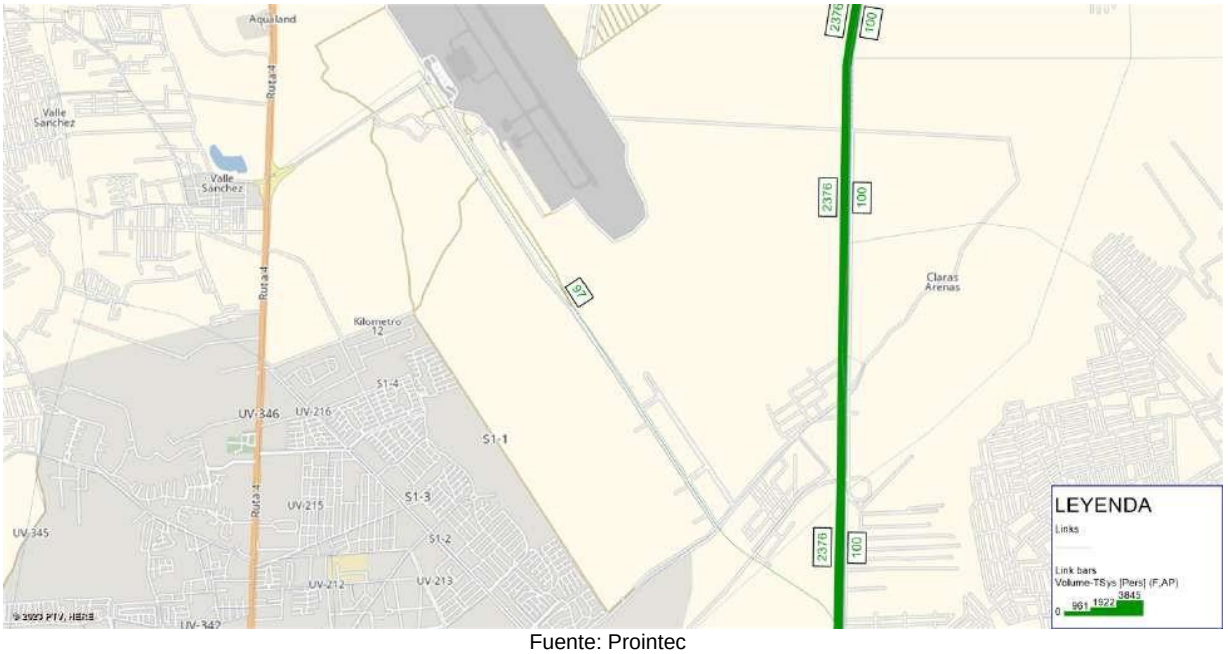


Fuente: Prointec

Figura No 146 Demanda potencial Tren Metropolitano (Terminal Bimodal – Warnes – Montero), en el periodo de modelación - horizonte 2027

Fuente: Prointec

Figura No 147 Demanda potencial Tren Metropolitano ramal Aeropuerto (Periodo de modelación - horizonte 2027)



Fuente: Prointec

15.4.1. Expansión de la matriz considerando el Proyecto Nueva Santa Cruz (horizontes 2037, 2047)

Dentro del proceso de expansión a los diferentes años, se tomó en consideración el crecimiento de las zonas de análisis de tráfico pertinentes al proyecto Nueva Santa Cruz. Se llevó a cabo una estimación de los viajes que este proyecto podría generar y atraer, tomando en cuenta la población obtenida en relación a la generación de viajes observada en las zonas de análisis de tráfico de la matriz OD (Origen-Destino).

Adicionalmente, se consideraron las características específicas del proyecto, las cuales sugieren que este tendrá una notable capacidad de atracción y generación de viajes internos, con un comportamiento más análogo al de una pequeña ciudad intermedia, similar a Warnes. De acuerdo con datos de la matriz OD, Warnes cuenta con aproximadamente el 63% de sus viajes de naturaleza interna.

Como resultado de estas consideraciones, se ha calculado un total de viajes, excluyendo los internos, que se detallan en la tabla que se presenta a continuación.

Cuadro No 39 Cronograma de Trabajo – Primer Producto

AÑO	POBLACIÓN PROYECTADA*	NÚMERO DE VIAJES
2037	170,378.2	56,077.90
2047	401,054.2	132,918.61

*En base a datos del Plan Maestro de la Nueva Santa Cruz, LH, Corea del Sur, 2010.
Fuente: Elaboración Propia

15.4.2. Pronóstico de la demanda al horizonte 2037

Considerando el proyecto Nueva Santa Cruz y el crecimiento demográfico del área metropolitana de Santa Cruz, para el año 2037, se hizo la estimación de la cantidad de pasajeros diarios para las tres líneas del tren metropolitano, los cuales fueron rescatados del modelo Visum. De la misma manera, se calculó la cantidad de pasajeros anuales del proyecto.

Cuadro No 40 Cantidad de pasajeros & ingresos diarios para los escenarios óptimos - 2037

Escenario	4TO ANILLO		BIMODAL -WARNES - MONTERO		AEROPUERTO		TOTAL	
	PASAJEROS	INGRESOS (Bs.)	PASAJEROS	INGRESO (Bs.)	PASAJEROS	INGRESOS (Bs.)	PASAJEROS	INGRESOS (Bs.)
Esc_f01	137.164,17	342.910,44	266.606,27	2.932.668,92	1.518,10	6.831,45	405.288,54	3.282.410,81
Esc_f02	130.117,27	364.328,36	266.157,48	3.060.810,97	1.489,90	7.151,52	397.764,65	3.432.290,85
Esc_f03	125.655,48	376.966,44	265.747,09	3.188.965,12	1.480,50	7.402,50	392.883,07	3.573.334,06
Esc_f04	119.453,11	394.195,28	265.339,92	3.316.748,99	1.452,30	7.697,19	386.245,33	3.718.641,45
Esc_f05	115.718,72	405.015,53	264.971,83	3.444.633,78	1.442,90	7.935,95	382.133,45	3.857.585,26

Fuente: Prointec

Cuadro No 41 Cantidad de pasajeros & ingresos anuales para los escenarios óptimos - 2037

Escenario	4TO ANILLO		BIMODAL - WARNES - MONTERO		AEROPUERTO		TOTAL	
	PASAJEROS	INGRESOS (Bs.)	PASAJEROS	INGRESOS (Bs.)	PASAJEROS	INGRESOS (Bs.)	PASAJEROS	INGRESOS (Bs.)
Esc_f01	39.338.685,35	98.346.713,38	76.462.677,06	841.089.447,68	435.391,08	1.959.259,86	116.236.753,49	941.395.420,92
Esc_f02	37.317.633,57	104.489.373,99	76.333.963,94	877.840.585,33	427.303,32	2.051.055,94	114.078.900,83	984.381.015,26
Esc_f03	36.037.991,52	108.113.974,56	76.216.266,31	914.595.195,68	424.607,40	2.123.037,00	112.678.865,23	1.024.832.207,24
Esc_f04	34.259.153,02	113.055.204,97	75.682.960,88	946.037.011,05	416.519,64	2.207.554,09	110.358.633,55	1.061.299.770,11
Esc_f05	33.188.129,50	116.158.453,25	75.993.920,71	987.920.969,18	413.823,72	2.276.030,46	109.595.873,93	1.106.355.452,89

Fuente: Prointec

15.4.3. Pronóstico de la demanda al horizonte 2047

Considerando el proyecto Nueva Santa Cruz y el crecimiento demográfico del área metropolitana de Santa Cruz, para el año 2047, se hizo la estimación de la cantidad de pasajeros diarios para las tres líneas del tren metropolitano, los cuales fueron rescatados del modelo Visum. De la misma manera, se calculó la cantidad de pasajeros anuales del proyecto.

Cuadro No 42 Cantidad de pasajeros & ingresos diarios para los escenarios óptimos - 2047

ESCENARIO	4TO ANILLO			BIMODAL - WARNES - MONTERO			AEROPUERTO			TOTAL	
	PASAJEROS	TARIFA	INGRESO	PASAJEROS	TARIFA	INGRESO	PASAJEROS	TARIFA	INGRESO	PASAJEROS	INGRESO
Esc_f01	506.379,13	2,50	1.265.947,82	349.466,80	11,00	3.844.134,78	6.335,60	4,50	28.510,20	862.181,52	5.138.592,80
Esc_f02	496.450,87	2,80	1.390.062,43	349.066,45	11,50	4.014.264,13	6.218,10	4,80	29.846,88	851.735,41	5.434.173,44
Esc_f03	490.473,13	3,00	1.471.419,38	348.729,64	12,00	4.184.755,72	6.171,10	5,00	30.855,50	845.373,87	5.687.030,60
Esc_f04	482.139,91	3,30	1.591.061,70	348.396,58	12,50	4.354.957,28	6.072,40	5,30	32.183,72	836.608,89	5.978.202,70
Esc_f05	477.155,54	3,50	1.670.044,38	348.114,62	13,00	4.525.490,12	6.034,80	5,50	33.191,40	831.304,96	6.228.725,90

Fuente: Prointec

Cuadro No 43 Cantidad de pasajeros & ingresos anuales para los escenarios óptimos - 2047

ESCENARIO	4TO ANILLO			BIMODAL - WARNES - MONTERO			AEROPUERTO			TOTAL	
	PASAJEROS	TARIFA	INGRESO	PASAJEROS	TARIFA	INGRESO	PASAJEROS	TARIFA	INGRESO	PASAJEROS	INGRESO
Esc_f01	145.229.533,46	2,50	363.073.833,64	100.227.077,76	11,00	1.102.497.855,41	1.817.050,08	4,50	8.176.725,36	247.273.661,30	1.473.748.414,41
Esc_f02	142.382.108,73	2,80	398.669.904,44	100.112.256,78	11,50	1.151.290.952,91	1.783.351,08	4,80	8.560.085,18	244.277.716,58	1.558.520.942,54
Esc_f03	140.667.692,81	3,00	422.003.078,43	100.015.661,69	12,00	1.200.187.940,32	1.769.871,48	5,00	8.849.357,40	242.453.225,98	1.631.040.376,15
Esc_f04	138.277.725,73	3,30	456.316.494,91	99.920.139,78	12,50	1.249.001.747,25	1.741.564,32	5,30	9.230.290,90	239.939.429,83	1.714.548.533,06
Esc_f05	136.848.207,98	3,50	478.968.727,95	99.839.274,44	13,00	1.297.910.567,76	1.730.780,64	5,50	9.519.293,52	238.418.263,07	1.786.398.589,22

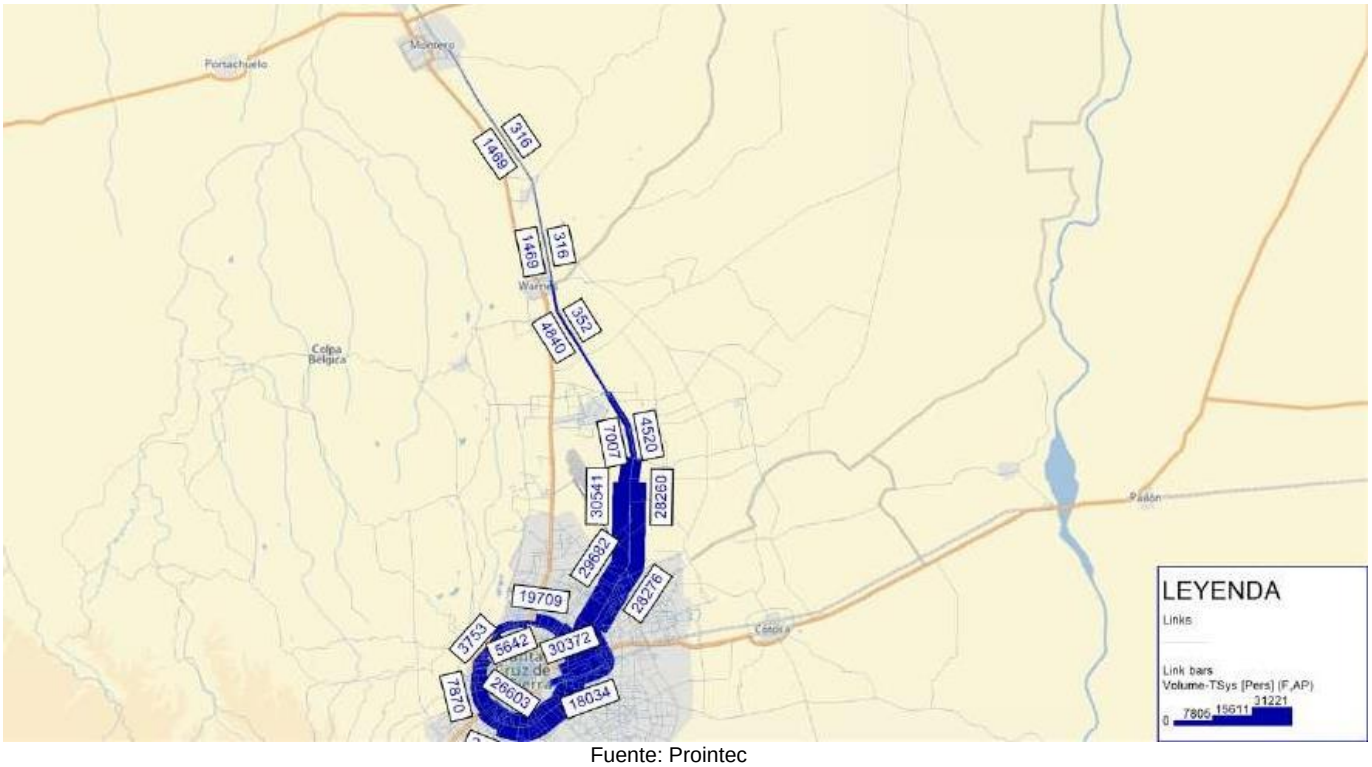
Fuente: Prointec

Tomando en cuenta los datos obtenidos de los cinco últimos escenarios corridos en el Software Visum, a continuación; se presentan la demanda del utilizando una tarifa de Bs. 3,00, también para el año 2047, siendo el escenario que maximiza la cantidad de pasajeros y los ingresos. Las figuras siguientes muestran la cantidad de pasajeros para las tres líneas del proyecto.

Figura No 148 Demanda del Tren Metropolitano en el 4to anillo (2047)

Fuente: Prointec

Figura No 149 Demanda del Tren Metropolitano Estación Bimodal – Warnes - Montero (2047)



Fuente: Prointec

Figura No 150 Demanda del Tren Metropolitano – Aeropuerto Internacional Viru Viru (2047)

Fuente: Prointec

Cuadro No 44 Cantidad de ascenso y descenso de pasajeros por estación (2047)

	CÓDIGO	NOMBRE DE ESTACIÓN	INGRESO BAJO		INGRESO MEDIO		INGRESO ALTO		TOTAL	
			SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN
TREN 4TO ANILLO	101	AV. BENI	4059	14463	6339	6277	277	172	10676	20913
	102	AV. ALEMANIA	362	289	1953	249	0	0	2315	539
	103	AV. MUTUALISTA	239	4342	534	419	51	426	823	5187
	103	AV. PARAGUA	259	1551	1208	3753	40	55	1507	5359
	105	AV. VIRGEN DE COTOCA	2432	1834	1894	688	131	48	4456	2570
	106	AV. CUMAVI	18824	20570	9121	1355	70	368	28015	22293
	107	AV. TRES PASOS AL FRENTE	3105	303	2807	422	0	107	5912	832
	108	AV. SAN AURELIO	3185	620	966	582	114	14	4265	1216
	109	AV. RADIAL 13	2249	1615	2408	209	323	31	4981	1855
	110	AV. SANTOS DUMONT	2851	410	2614	515	103	244	5568	1169
	111	AV. MOSCU	10374	986	2720	979	0	274	13094	2239
	112	DOBLE VIA LA GUARDIA	4659	3117	2019	3098	401	184	7080	6399
	113	AV. HILANDERIA	1298	349	1131	379	0	0	2429	728
	114	AV. EL PALMAR	3294	818	946	553	0	127	4240	1497
	115	AV. ROCA Y CORONADO	2364	324	775	621	158	101	3296	1046
	116	QUINTA MUNICIPAL	70	56	73	291	0	0	143	346
	117	AV. BUSCH	135	3348	115	8395	87	94	337	11836

	118	AV. SAN MARTIN	75	1626	122	10198	0	87	197	11911
	119	AV. RADIAL 26	1470	66	951	202	741	90	3161	358
	120	CRISTO REDENTOR	627	5245	1231	742	2	76	1861	6062
TREN SANTA CRUZ - WARNES - MONTERO	200	TERMINAL BIMODAL	1581	9851	283	906	0	159	1864	10916
	201	AV. CUMAVI	16006	15289	199	4209	8	1	16213	19499
	203	PARQUE INDUSTRIAL	10278	121	218	374	21	0	10517	495
	204	LUJÁN	1690	1422	1022	380	0	0	2712	1802
	205	AEROPUERTO	1696	1554	309	13	0	0	2005	1567
	206	D.U-1	0	0	0	0	0	0	0	0
	207	D.U-2	13859	16445	0	0	65	0	13924	16445
	208	SATÉLITE NORTE	13859	15327	3719	0	65	0	17643	15327
	209	APARTADERO AGROPESO	4068	5585	123	193	0	0	4191	5779
	210	PARQUE EMPRESARIAL 2	0	246	0	167	0	0	0	413
	211	WARNES	3159	221	501	104	0	0	3659	325
	212	APARTADERO TÉCNICO WARNES	0	0	0	0	0	0	0	0
	213	MONTERO	1391	280	79	36	0	0	1469	316
VVI	300	TERMINAL AEROPUERTO VIRU VIRU	1244	1244	69	69	0	0	1313	1313

Fuente: Prointec

16. ESTUDIO DE AFORO VEHICULAR EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ (2022)

El Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz a través de la Instancia de Asuntos Metropolitanos (IDAM), realizó un estudio de Aforo Vehicular el año 2022, trabajo que se centra en cuantificar y describir el tráfico vehicular en las vías de acceso a la Región Metropolitana. La información que se recopiló a través de los trabajos de campo desarrollados como parte del conteo.

Se identificó la necesidad de obtener información acerca del movimiento de los agentes a lo largo de las diferentes zonas de la ciudad, y poder describir fielmente diferentes variables que manifiesten situaciones bajo estudio, como por ejemplo zonas de congestión vehicular, zonas generadoras de tráfico, etc.

16.1. Metodología

El estudio de Aforo Vehicular se realizó bajo la siguiente metodología:

- El tipo de muestreo seleccionado fue no probabilístico y por conveniencia, implementando un aforo manual, consistiendo en el conteo y clasificación In Situ del tráfico vehicular, en cada uno de los puntos seleccionados, durante 24 horas, en días representativos de la semana, diferenciando tipo de vehículos y por cortes de 1 hora, por ambos sentidos de la vía

- La finalidad del conteo vehicular fue obtener datos de volúmenes del tránsito. Se realizo a través de personal de campo denominados aforadores.

- El aforo se basó en un conteo manual a través de anotaciones en una planilla física y digital, clasificando por tipo de vehículo, durante 24 horas, durante jornadas específicas de la semana; en 6 puntos estratégicos de la comunicación terrestre de la Región Metropolitana de Santa Cruz.

Los puntos de Aforo Vehicular fueron: **Punto 1:** Km 13, Doble Vía a La Guardia; **Punto 2:** Puente al Urubó Mario Foianini; **Punto 3:** Carretera a Warnes, Puente de ingreso a Viru Viru; **Punto 4:** Tranca Santa Cruz - Cotoca; **Punto 5:** Tranca a Pedro Lorenzo; y **Punto 6:** Av. G77, intersección Sonilum.

Figura No 151 Clasificación de los vehículos contabilizados

Fuente: GADSC

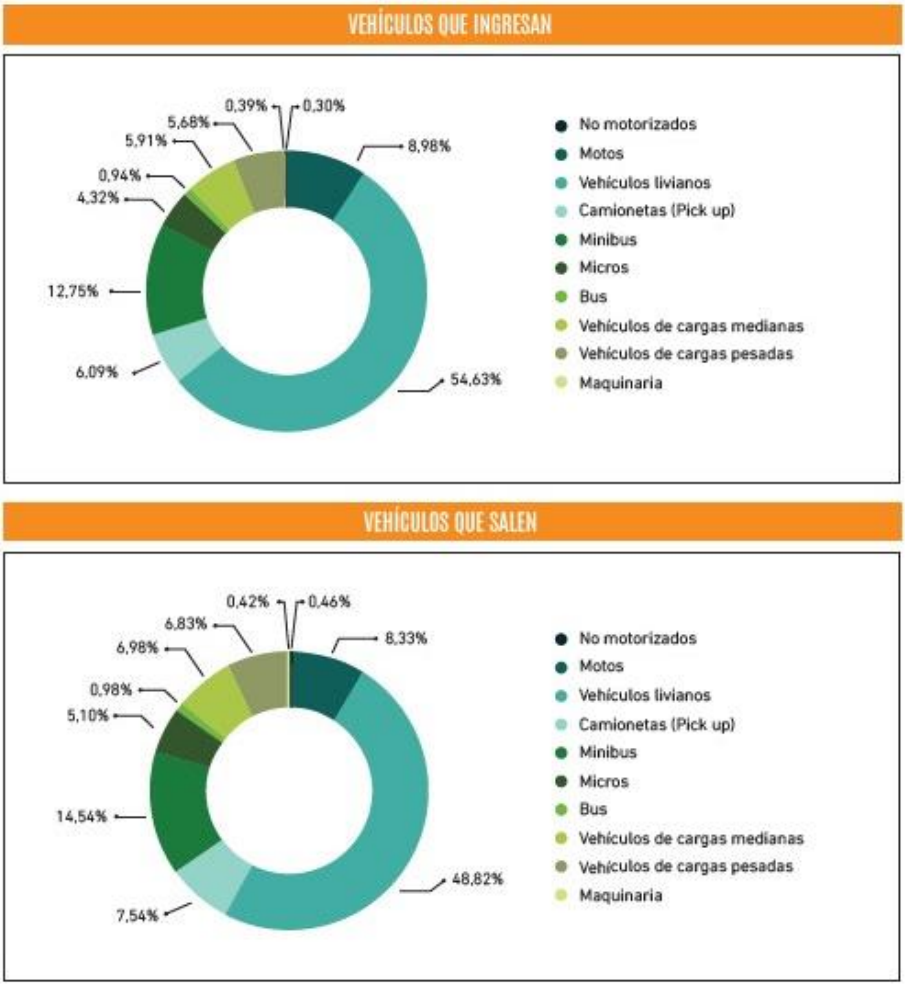
16.2. Cuantificación del flujo vehicular por punto

A continuación, se presentan los resultados de los vehículos que ingresan y salen de cada punto de aforo.

16.2.1. Punto 1 de aforo, Doble vía a La Guardia

A continuación, se presenta el tipo de vehículos y porcentaje que representan cada uno de ellos, en el punto de la Doble Vía a La Guardia, considerando ingresos y salidas de la Región Metropolitana.

Figura No 152 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Doble Vía a La Guardia Km13)



Fuente: GADSC

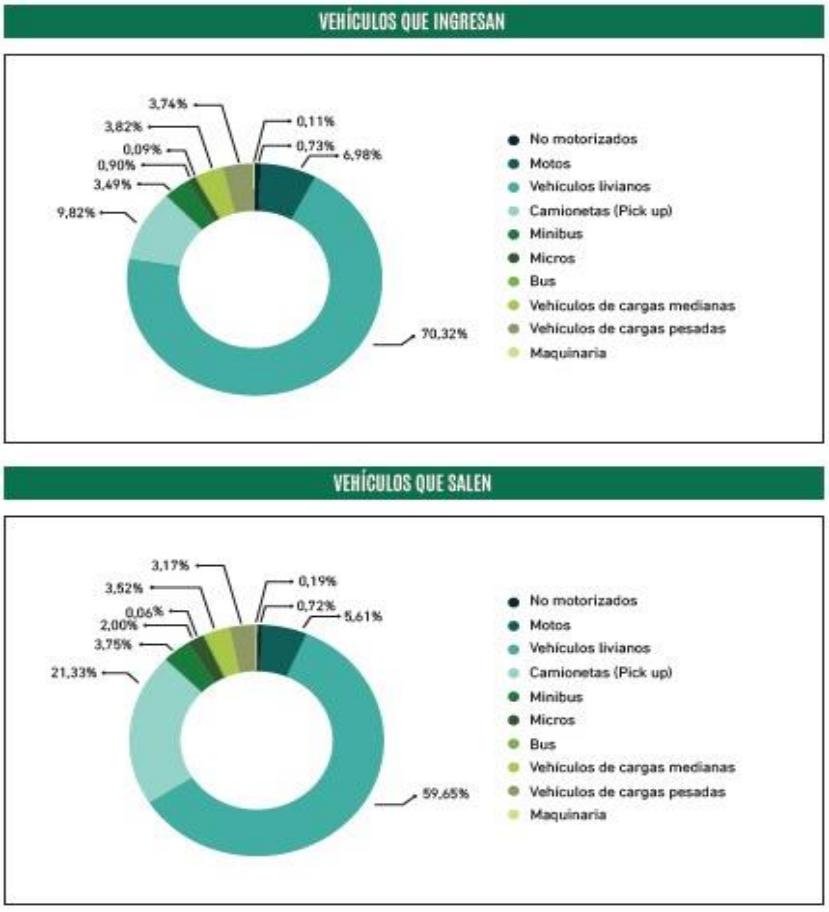
En cuanto a los vehículos que ingresan, el 54,63% son vehículos livianos, 12,75% son minibuses, 8,98% son motocicletas, 6.09% son camionetas, 5,91% son vehículos de cargas medianas, 5,68% son vehículos de cargas pesadas, el 4,32% son micros.

En cuanto a los vehículos que salen, el 48,82% son vehículos livianos, el 14,54% son minibuses, el 8,33% son motocicletas, el 7,54% son camionetas, el 6,98% son vehículos de cargas livianas, el 6.83% son vehículos de cargas pesadas, el 5,10% son micros.

16.2.2. Punto 2 de aforo, Puente al Urubó, Mario Foinanini

A continuación, se presenta el tipo de vehículos y porcentaje que representan cada uno de ellos, en el punto Puente al Urubó Mario Foianini, considerando ingresos y salidas de la Región Metropolitana.

Figura No 153 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Puente al Urubó Mario Foianini)



Fuente: GADSC

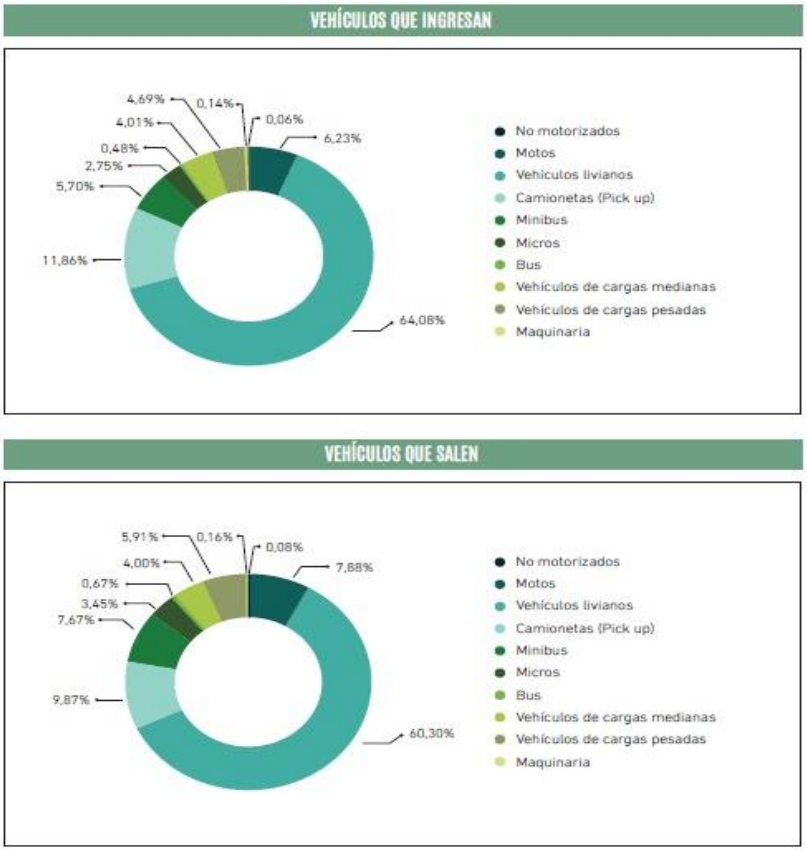
En cuanto a los vehículos que ingresan, el 70,32% son vehículos livianos, 9,82% son camionetas, 6,98% son motocicletas, 3.82% son vehículos de cargas medianas, 3,74% son vehículos de cargas pesadas, el 3,49% son micros.

En cuanto a los vehículos que salen, el 59,65% son vehículos livianos, 21,33% son camionetas, 5,61% son motocicletas, 3.75% son minibuses, 3,52% son vehículos de cargas medianas, 3,17% son vehículos de cargas pesadas, el 2% son micros.

16.2.3. Punto 3 de aforo, Puente de ingreso al Aeropuerto Internacional Viru Viru

A continuación, se presenta el tipo de vehículos y porcentaje que representan cada uno de ellos, en el punto Puente de ingreso al Aeropuerto Viru Viru, considerando ingresos y salidas de la Región Metropolitana.

Figura No 154 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Carretera al Norte, ingreso a Viru Viru)



Fuente: GADSC

En cuanto a los vehículos que ingresan, el 64,08% son vehículos livianos, 11,86% son camionetas, 6,23% son motocicletas, 5,70% son minibuses, 4.69% son vehículos de cargas pesadas, 4,01% son vehículos de cargas pesadas, el 2,75% son micros.

En cuanto a los vehículos que salen, el 60,3% son vehículos livianos, 9,87% son camionetas, 7,88% son motocicletas, 7,67% son minibuses, 5,91% son vehículos de cargas pesadas, el 4% son vehículos de cargas medianas, el 3,45% son micros.

16.2.4. Punto 4 de aforo, Carretera a Cotoca (Tranca)

A continuación, se presenta el tipo de vehículos y porcentaje que representan cada uno de ellos, en el punto carretera a Cotoca, considerando ingresos y salidas de la Región Metropolitana.

Figura No 155 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Tranca Santa Cruz - Cotoca)

Fuente: GADSC

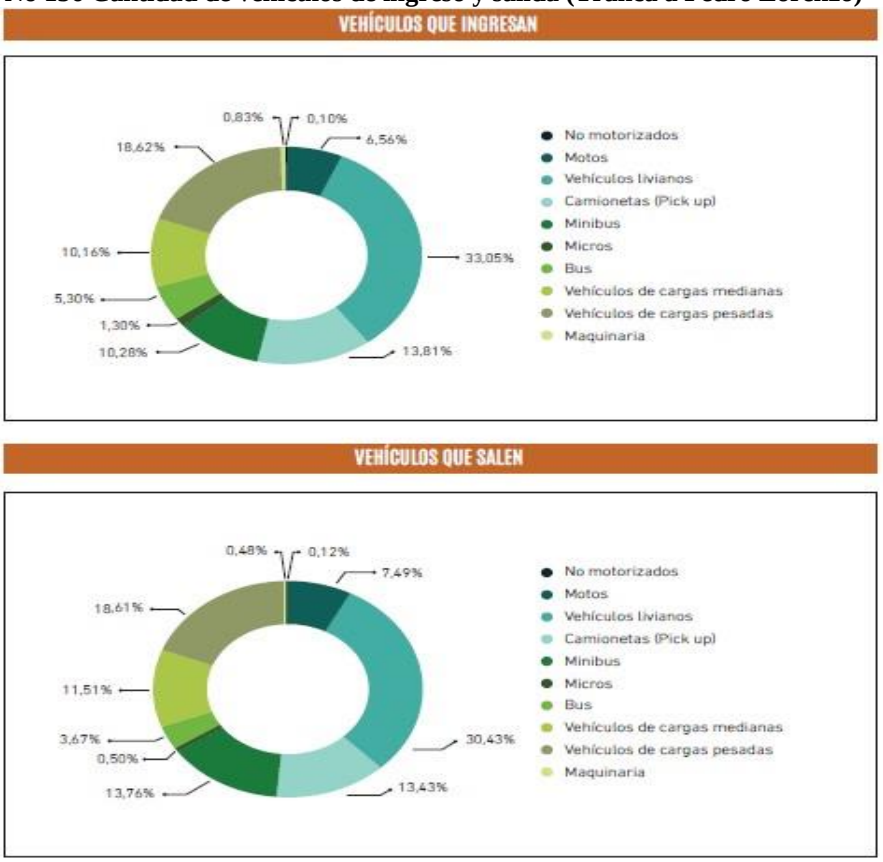
En cuanto a los vehículos que ingresan, el 53,97% son vehículos livianos, 11,40% son motocicletas, 9,54% son camionetas, 7,91% son vehículos de cargas pesadas, 7,48% son vehículos de cargas medianas, 5,75% de minibuses y el 2,4% son micros.

En cuanto a los vehículos que salen, el 52,12% son vehículos livianos, 12,12% son motocicletas, 10,7% son camionetas, 7,01% son vehículos de cargas medianas, 6,86% son vehículos de cargas pesadas, 6,64% son minibuses, 2,52% son micros.

16.2.5. Punto 5 de aforo, Carretera a Pedro Lorenzo (Tranca)

A continuación, se presenta el tipo de vehículos y porcentaje que representan cada uno de ellos, en el punto carretera a Pedro Lorenzo, considerando ingresos y salidas de la Región Metropolitana.

Figura No 156 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Tranca a Pedro Lorenzo)



Fuente: GADSC

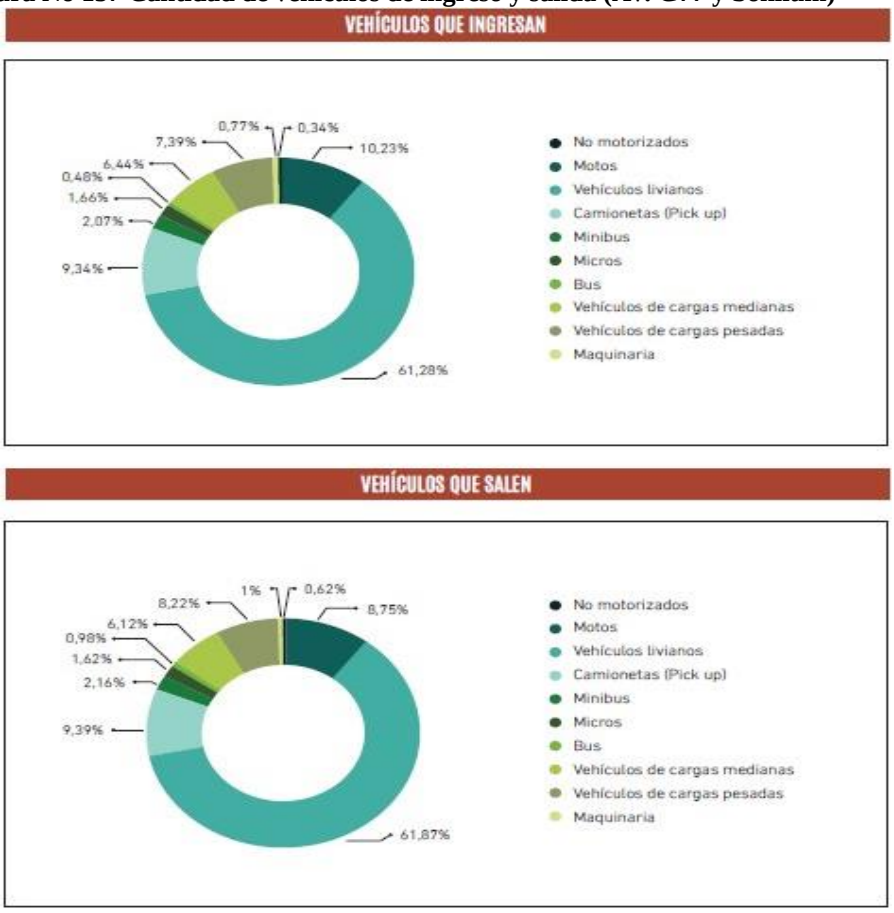
En cuanto a los vehículos que ingresan, el 33,05% son vehículos livianos, 18,62% son vehículos de cargas pesadas, 13,81% son camionetas, 10,28% son minibuses, 10,16% son vehículos de cargas medianas, 6,56% son motos, 5,30% son buses y el 1,3% son micros.

En cuanto a los vehículos que salen, el 30,43% son vehículos livianos, 18,61% son vehículos de cargas pesadas, 13,76% son minibuses, 13,43% son camionetas, 11,51% son vehículos cargas medianas, 7,49% son motos, 3,67% son buses y 0,5% son micros.

16.2.6. Punto 6 de aforo, Av. G77

A continuación, se presenta el tipo de vehículos y porcentaje que representan cada uno de ellos, en el punto Av. G77, considerando ingresos y salidas de la Región Metropolitana.

Figura No 157 Cantidad de vehículos de ingreso y salida (Av. G77 y Sonilum)



Fuente: GADSC

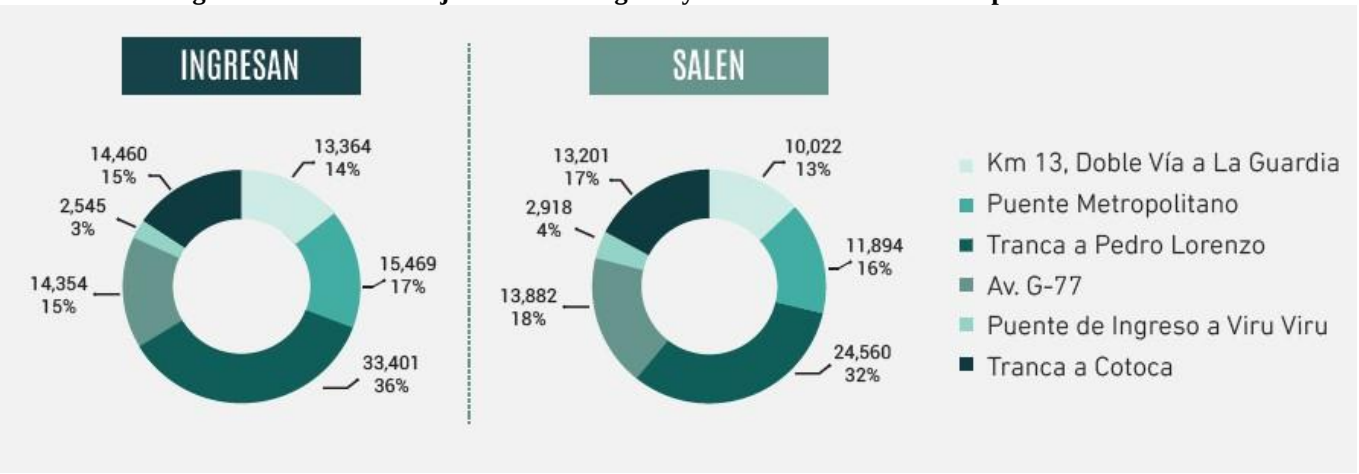
En cuanto a los vehículos que ingresan, el 61,28% son vehículos livianos, 10,23% son motos, 9,34% son camionetas, 7,39% vehículos de cargas pesadas, 6,44% son vehículos de cargas medianas, 2,07% son minibuses, 1,66% son micros, y 0,77% son maquinarias.

En cuanto a los vehículos que salen, el 61,87% son vehículos livianos, 9,39% son camionetas, 8,75% son motos, 8,22% vehículos de cargas pesadas, 6,12% son vehículos cargas medianas, 2,16% son minibuses, 1,62% son micros y 0,98% son buses.

16.3. Ingreso y salida vehicular en la RMSCZ

En la siguiente figura se presenta la cantidad de vehículos que ingresan y salen de la Región Metropolitana por cada uno de los puntos en el que se realizaron el conteo vehicular.

Figura No 158 Porcentajes totales de ingreso y salida de vehículos en los puntos de aforo



Fuente: GADSC

En cuanto a los vehículos que ingresan a la RMSCZ, el 36% (33.401 vehículos) lo hace a través de la tranca a Pedro Lorenzo, el 17% (15.469 vehículos) ingresa por el Puente metropolitano del Urubó. El 15% (14.460 vehículos) ingresa por la tranca a Cotoca, otro 15% (14.354 vehículos) lo hace por la Av. G77, el 14% (13.364 vehículos) ingresa por la Doble Vía a La Guardia y el 3% (2.545 vehículos) lo hace por el puente del Aeropuerto Internacional Viru Viru.

En cuanto a los vehículos que salen de la RMSCZ, el 32% (24.560 vehículos) lo hacen a través de la tranca a Pedro Lorenzo, el 18% (13.882 vehículos) lo hace por la Av. G77, el 17% (13.201 vehículos) sale por la tranca a Cotoca. El 16% (11.894 vehículos) sale por el Puente metropolitano del Urubó, el 13% (10.022 vehículos) sale por la Doble Vía a La Guardia y el 4% (2.918 vehículos) lo hace por el puente del Aeropuerto Internacional Viru Viru.

16.4. Resultados generales del estudio

En el siguiente gráfico se presenta los resultados generales del estudio, en cada uno de los puntos donde se desarrolló el conteo vehicular indicando el sentido “A” de ingreso y el sentido “B” de salida de la Región Metropolitana.

Cuadro No 45 Resultados del estudio Aforo Vehicular en la Región Metropolitana de Santa Cruz

UBICACIÓN	Punto de conteo	Dirección	No Motorizados	Motos y toritos	Veh. Livianos	Pick Up	Minibus	Micro	Bus	Veh. De carga (medianos)	Veh. De carga (pesados)	Maqunarias	TOTAL
Km 13, Doble via a La Guardia	P1	A	41	1.200	7.301	815	1.705	578	125	789	760	52	13.364
	P1	B	46	834	4.893	755	1.457	512	98	699	685	43	10.022
Puente a Urubó Mario Foianini	P2	A	112	1.080	10.878	1.520	539	140	14	591	578	17	15.469
	P2	B	86	668	7.094	2.537	446	238	7	419	377	22	11.894
Carretera a Warnes, Puente de ingreso a Viru Viru	P3	A	21	2.082	21.402	3.961	1.903	919	160	1.339	1.566	47	33.401
	P3	B	21	1.936	14.809	2.424	1.884	848	164	983	1.451	40	24.560
Tranca Santa Cruz - Cotoca	P4	A	55	1.637	7.747	1.369	825	344	147	1.073	1.135	21	14.354
	P4	B	49	1.682	7.235	1.486	922	350	202	973	953	31	13.882
Tranca a Pedro Lorenzo	P5	A	3	167	841	352	262	33	135	259	474	21	2.545
	P5	B	4	219	888	392	402	15	107	336	543	14	2.918
Avenida G - 77, zona Sonilum	P6	A	49	1.479	8.862	1.351	299	241	69	932	1.068	112	14.460
	P6	B	35	1.155	8.168	1.239	286	215	129	809	1.085	82	13.201
TOTAL			520	14.139	100.117	18.200	10.927	4.431	1.357	9.201	10.675	501	170.069

Fuente: Guía de Desarrollo Metropolitano GAD 2023.

16.5. Comparación de los resultados del estudio de aforo vehicular (2022) con los resultados del estudio de JICA (2017)

El estudio de aforos encarado por el GADSC, analizó los resultados del estudio de JICA en los puntos que se relevaron con el fin de realizar una comparación, considerando que ha pasado un lustro.

Cuadro No 46 Resultados del estudio JICA en los puntos de aforo

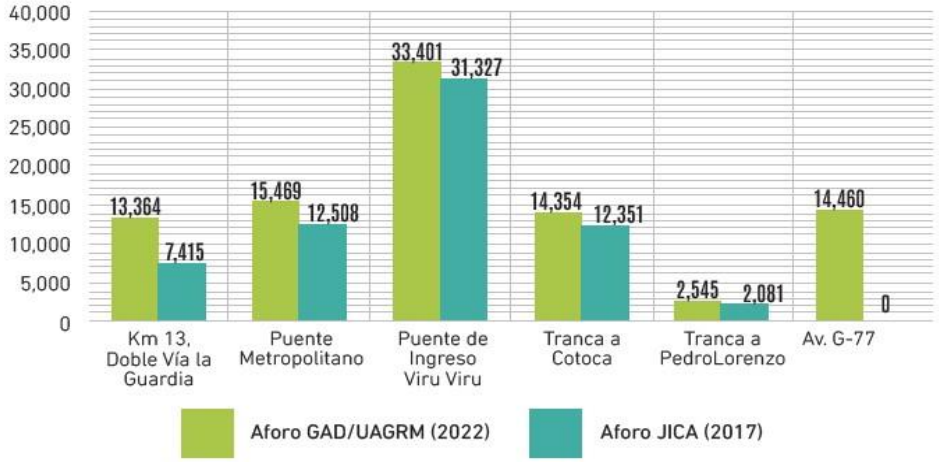
UBICACIÓN	Punto de conteo	Dirección	No Motorizado	Motos vtoritos	Veh. Livianos	Pick Up	Minibus	Micro	Bus	Veh. De carga (medianos)	Veh. De carga (pesados)	TOTAL
Km 13, Doble via a La Guardia	P1	A	S/N	658	4.293	630	226	334	60	535	679	**7.415**
	P1	B	S/N	566	3.805	502	299	310	43	432	578	**6.535**
Puente a Urubó Mario Foianini	P2	A	S/N	448	9.935	1.451	232	44	3	290	105	**12.508**
	P2	B	S/N	571	5.654	2.351	294	127	1	269	241	**9.508**
Carretera a Warnes, Puente de ingreso a Viru Viru	P3	A	S/N	1.108	15.827	4.443	6.184	597	147	1.331	1.690	**31.327**
	P3	B	S/N	438	5.902	1.519	2.314	621	265	1.529	2.379	**14.967**
Tranca Santa Cruz - Cotoca	P4	A	S/N	760	6.541	1.629	972	317	116	972	1.044	**12.351**
	P4	B	S/N	581	5.699	1.803	1.012	366	130	1.242	838	**11.671**
Tranca a Pedro Lorenzo	P5	A	S/N	156	565	372	256	12	73	272	375	**2.081**
	P5	B	S/N	104	597	404	317	14	76	303	424	**2.239**
TOTAL			S/N	5.390	58.818	15.104	12.106	2.742	914	7.175	8.353	110.602

Fuente: GADSC

A continuación se presenta la comparación del crecimiento de los vehículos que ingresan a la RMSCZ.

16.5.1. Ingreso a la RMSCZ

Figura No 159 Vehículos que Ingresan a la RMSCZ (comparación EAV 2022 vs estudio JICA 2017)



Fuente: GADSC

Con el fin de mostrar en porcentaje el crecimiento, se rescató el siguiente cuadro.

Cuadro No 47 Índice del crecimiento anual del tráfico vehicular que ingresa a la RMSCZ

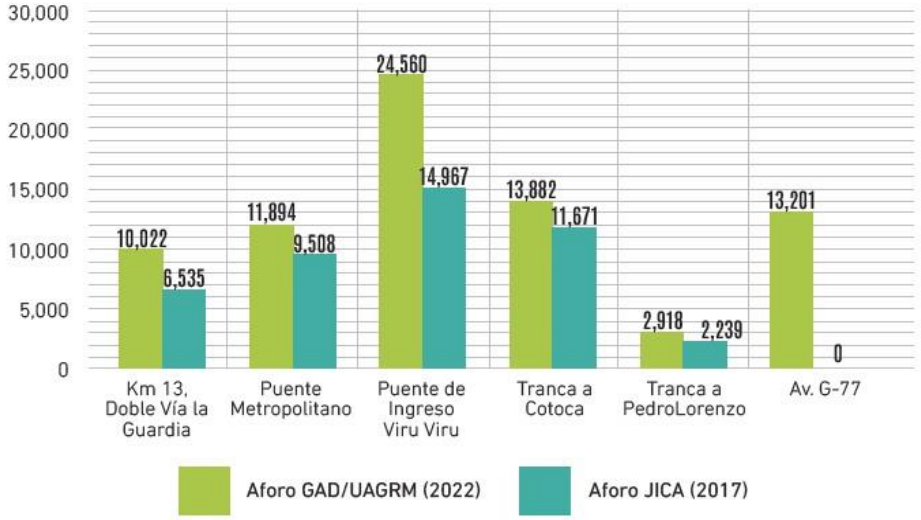
Ubicación	TOTAL Aforo GAD (2022)	TOTAL JICA (2017)	Crecimiento (porcentual)
Km13, Doble Vía a La Guardia	13.364	7.415	80,23%
Puente Metropolitano	15.469	12.508	23,67%
Puente de Ingreso a Viru Viru	33.401	31.327	6,62%
Tranca a Cotoca	14.354	12.351	16,21%
Tranca a Pedro Lorenzo	2.545	2.081	22,30%
Av. G-77	14.460	S/N	S/N

Fuente: GADSC

Respecto al 2017, el punto del Km 13 de la Doble Vía a La Guardia, experimentó un crecimiento del 80,23%. En el caso del acceso del puente metropolitano al Urubó, el crecimiento fue del 23,67%. El acceso localizado en el puente de ingreso al Aeropuerto Viru Viru, creció en un 6,62%. En el caso de la Tranca Santa Cruz – Cotoca, el crecimiento porcentual es de 16,21%. El acceso localizado en la Tranca a Pedro Lorenzo experimentó un crecimiento del 22,3%.

16.5.2. Salida a la RMSCZ

Figura No 160 Vehículos que Salen a la RMSCZ (comparación EAV 2022 vs estudio JICA 2017)



Fuente: GADSC

Con el fin de mostrar en porcentaje el crecimiento, se rescató el siguiente cuadro.

Cuadro No 48 Índice del crecimiento anual del tráfico vehicular que sale de la RMSCZ

Ubicación	TOTAL Aforo GAD (2022)	TOTAL JICA (2017)	Crecimiento (porcentual)
Km13, Doble Vía a La Guardia	10.022	6.535	53,36%
Puente Metropolitano	11.894	9.508	25,09%
Puente de Ingreso a Viru Viru	24.560	14.967	64,09%
Tranca a Cotoca	13.882	11.671	18,95%
Tranca a Pedro Lorenzo	2.918	2.239	30,33%
Av. G-77	13.201	S/N	S/N

Fuente: GADSC

Respecto al 2017, el punto del Km 13 de la Doble Vía a La Guardia, experimentó un crecimiento del 53,36%. En el caso del acceso del puente metropolitano al Urubó, el crecimiento fue del 25,09%. El acceso localizado en el puente de ingreso al Aeropuerto Viru Viru, creció en un 64,09%. En el caso de la Tranca Santa Cruz – Cotoca, el crecimiento porcentual es de 18,95%. El acceso localizado en la Tranca a Pedro Lorenzo experimentó un crecimiento del 30,33%.

16.5.3. Proyecciones

Las variaciones positivas presentadas en los apartados anteriores nos permiten realizar proyecciones para los años 2025, 2035 y 2050.

Cuadro No 49 Proyección del flujo tráfico vehicular que ingresará a la RMSCZ

VEHICULOS QUE INGRESAN A LA REGION METROPOLITANA						
Ubicación	TOTAL Aforo GAD (2022)	TOTAL JICA (2017)	Crecimiento (en porcentaje)	Proyeccion 2025	Proyeccion 2030	Proyeccion 2050
Km13, Doble Via a La Guardia	13.364	7.415	80,23%	18.137	30.174	231.128
Puente Metropolitano	15.469	12.508	23,67%	17.633	21.932	52.491
Puente de Ingreso a Viru Viru	33.401	31.327	6,62%	39.614	52.642	164.160
Tranca a Cotoca	14.354	12.351	16,21%	15.818	18.598	35.539
Tranca a Pedro Lorenzo	2.545	2.081	22,30%	2.927	3.696	9.393
Av. G-77	14.460	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N
TOTAL (sin la G-77)	79.133	65.682	20,48%	94.129	127.041	224.628

Fuente: GADSC

Cuadro No 50 Proyección del flujo tráfico vehicular que saldrá de la RMSCZ

VEHICULOS QUE SALEN DE LA REGION METROPOLITANA						
Ubicación	TOTAL Aforo GAD (2022)	TOTAL JICA (2017)	Crecimiento (en porcentaje)	Proyeccion 2025	Proyeccion 2030	Proyeccion 2050
Km13, Doble Via a La Guardia	10.022	6.535	53,36%	13.602	22.628	173.329
Puente Metropolitano	11.894	9.508	25,09%	13.557	16.863	40.359
Puente de Ingreso a Viru Viru	24.560	14.967	64,09%	29.128	38.707	120.705
Tranca a Cotoca	13.882	11.671	18,95%	15.299	17.987	34.372
Tranca a Pedro Lorenzo	2.918	2.239	30,33%	3.356	4.238	10.769
Av. G-77	13.201	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N
TOTAL (sin la G-77)	63.276	44.920	**40,86%**	74.942	100.423	431.028

Fuente: GADSC

17. ESTUDIO ORIGEN - DESTINO Y CONTEO DE PASAJEROS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ (2023)

Se trata de un estudio cuyos resultados no son aún oficiales, pero muestran información muy interesante que es la más actual sobre los desplazamientos en la RMSCZ. A diferencia de los otros estudios descritos y relevados, en este caso; sólo se tuvo acceso a información gráfica.

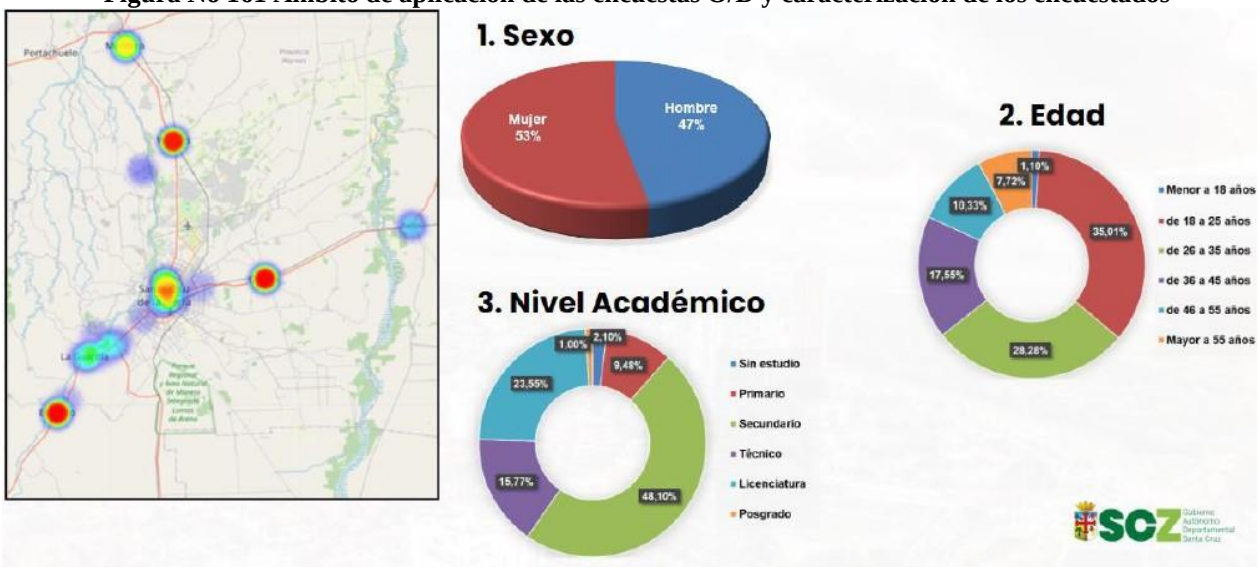
17.1. Estudio Origen – Destino en la Región Metropolitana

Se elaboró el Estudio Origen – Destino en la RMSCZ, en base a 1002 encuestas que abarcaron los siguientes municipios: i) Santa Cruz de la Sierra; ii) Cotoca; iii) La Guardia; iv) El Torno; v) Warnes; vi) Porongo; vii) Montero; viii) Colpa Bélgica; y ix) Pailón. Es decir, que el ámbito de acción del estudio abarcó a municipios que no se habían analizado en los estudios anteriores.

El 53% de los encuestados fueron mujeres y el 47% fueron hombres. El 48,1% de los encuestados sólo acabaron la secundaria, el 23% tiene una licenciatura, el 15,77% tiene un nivel de instrucción técnica. El 9,44% sólo acabo la primaria, y el 2,1% no tiene estudios.

En lo referido a la edad, el 35% de los encuestados es del rango de edad de entre 18 a 25 años. El 28,28% está en el rango de edad entre los 26 a 35 años. El 17,55% está en el rango de edad de entre de 46 a 55 años. el 10,33% tiene entre 46 a 55 años, 7,22% de los encuestados es mayor a 55 años y el 1,10% es menor a los 18 años.

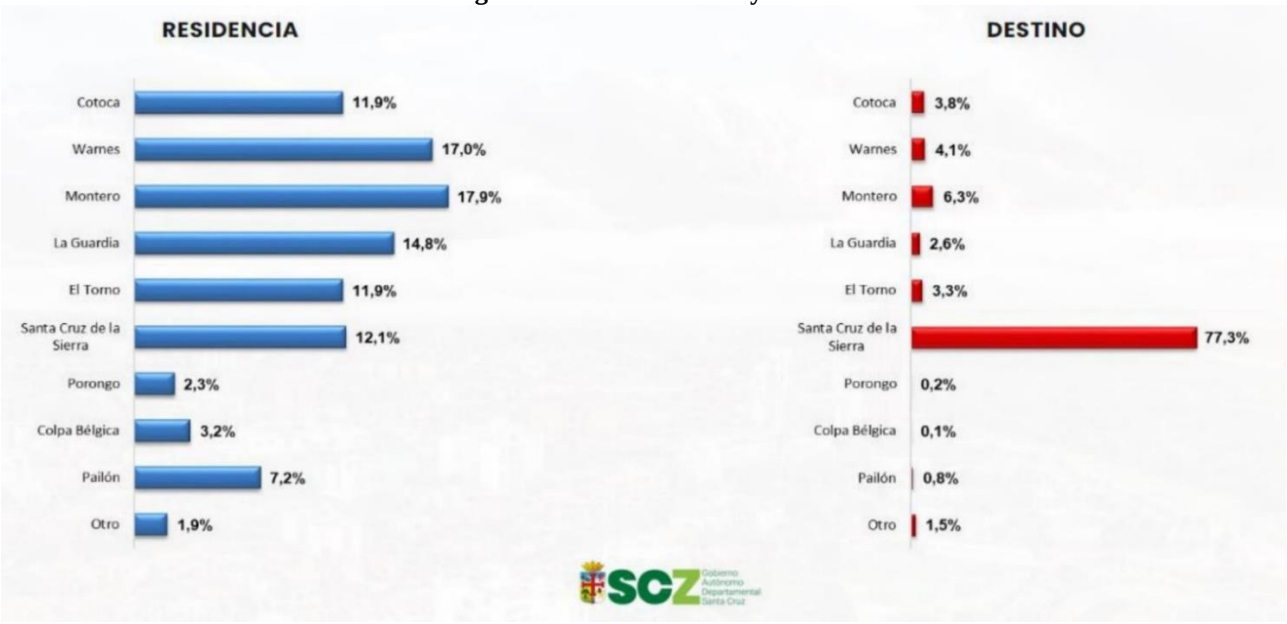
Figura No 161 Ámbito de aplicación de las encuestas O/D y caracterización de los encuestados



Fuente: GADSC

17.1.1. Residencia y destino de los encuestados

Figura No 162 Residencia y destino



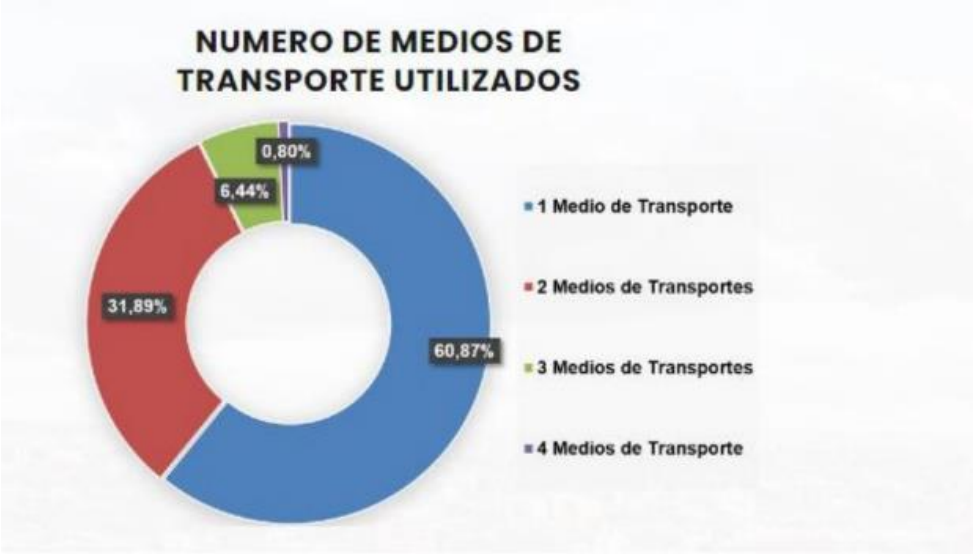
Fuente: GADSC

Del total de encuestados, el 11,9% reside en Cotoca, el 17% reside en Warnes, el 17,09% en Montero, 14,8% viven en La Guardia, 11,9% en El Torno, 12,1% habitan en Santa Cruz de la Sierra, 7,2% en Pailón, 3,2% en Colpa Bélgica, 2,3% son de Porongo y el 1,9% viven en otros municipios.

El destino del 77,3% de los encuestados es Santa Cruz de la Sierra, 6,3% van a Montero, a,1% hacia Warnes, 3,8% a Cotoca, 3,3% a El Torno, 0,8% a Pailón, 0,2% a Porongo, 0,1% a Colpa Bélgica y el 1,5% tiene como destino a otros municipios.

17.1.2. Medios de transporte utilizados

Figura No 163 Medios de transporte utilizados



8. Medios de Transporte	Porcentaje	Tiempo Promedio (min)	Costo Promedio (Bs)
1 Medio de Transporte	60,9%	44,7	12,5
2 Medios de Transportes	31,9%	64,3	13,1
3 Medios de Transportes	6,4%	76,8	15,5
4 Medios de Transporte	0,8%	94,5	43,4

Fuente: GADSC

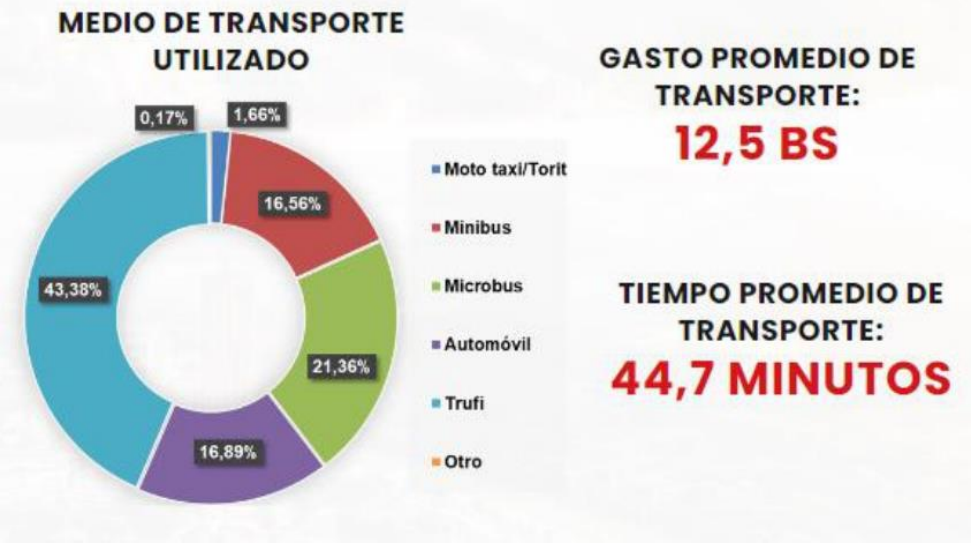
Con el fin de conocer la cantidad de medios de transporte que utilizan para realizar los viajes. Los resultados muestran que el 60.9% de los encuestados utilizan un medio de transporte,

31,89% usan dos medios de transporte, el 6,44% usan 3 medios de transporte y el 0,8% usan 4 medios de transporte.

En cuanto al tiempo, se muestra que los que utilizan un medio de transporte demoran un promedio de 44,7 minutos, mientras que los que utilizan 4 medios de transporte, tardan en promedio 94,5 minutos. En cuanto al costo promedio, el rango es de Bs.12,5 a Bs. 43,4.

17.1.2.1 Usuarios de un medio de transporte

Figura No 164 Usuarios de un solo medio de transporte



Fuente: GADSC

Del universo total de usuarios de un solo medio de transporte, el 43,38% usan trufi, 21,36% usan microbús, 16,89% usan automóvil, 16,56% utilizan minibús, 1,66%usan mototaxi y el 0,17% utiliza otro medio de transporte. El gasto promedio es de Bs. 12,5 y el tiempo promedio que invierten en el transporte es de 44,7 minutos.

17.1.2.2 Usuarios de dos medios de transporte

En el caso de los usuarios de dos medios de transporte, lógicamente se dividió su cadena de viaje en dos viajes: i) Primer viaje y; ii) Segundo viaje.

Viaje 1/2

En el caso del primer viaje se midió si el mismo era dentro de la jurisdicción de un municipio o incluía al menos dos municipios (a lo que se llamó metropolitano). Es así que los resultados muestran que el 37,66% de los usuarios tienen un primer viaje que es municipal y el 62,34% tiene un primer viaje que es metropolitano. En el caso del gasto promedio, se observa que este asciende a Bs. 7,60. El tiempo promedio es de 35,4 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte se usa para este primer viaje, el 36% usa trufi, el 27,69% usa microbús, el 19,69% usa moto taxi/torito, el 12,62% usa minibús, el 3,69% usa automóvil y el 0,31% utiliza otro medio de transporte.

Figura No 165 Usuarios de dos medios de transporte – primer viaje

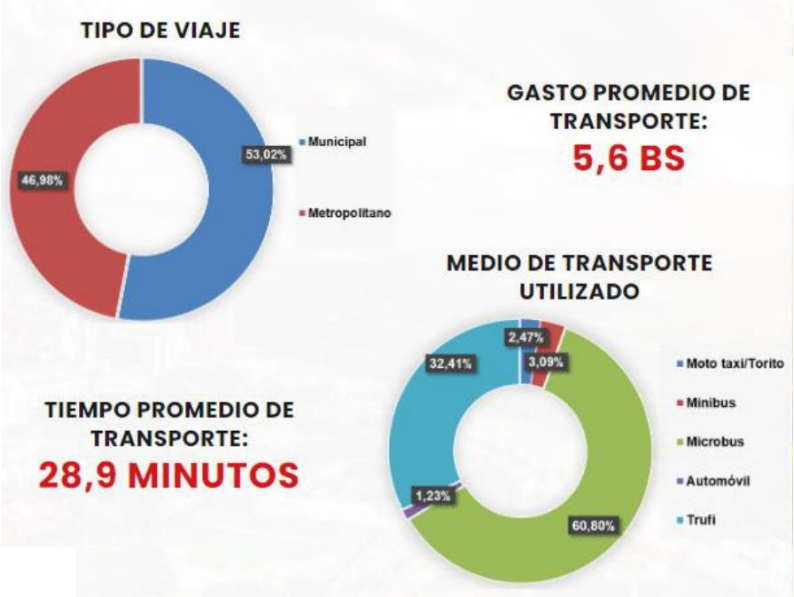
Fuente: GADSC

Viaje 2/2

En el caso del segundo viaje, el 53,02% se hacen en un solo municipio, en cambio, el 46,98% tiene un segundo viaje metropolitano. En el caso del gasto promedio, se observa que este asciende a Bs. 5,60, es decir es Bs. 2 menor que el primer viaje. El tiempo promedio es de 28,9 minutos, igualmente menor en 6,5 minutos al tiempo promedio invertido para el primer viaje.

En lo referido al tipo de medios de transporte se usa para el segundo viaje, el 60,8% utiliza microbús, el 32,41% usa trufi, el 3,09% usa minibús, el 2,47% se mueve en mototaxi/torito y el 1,23% en automóvil.

Figura No 166 Usuarios de dos medios de transporte – segundo viaje



Fuente: GADSC

17.1.2.3 Usuarios de tres medios de transporte

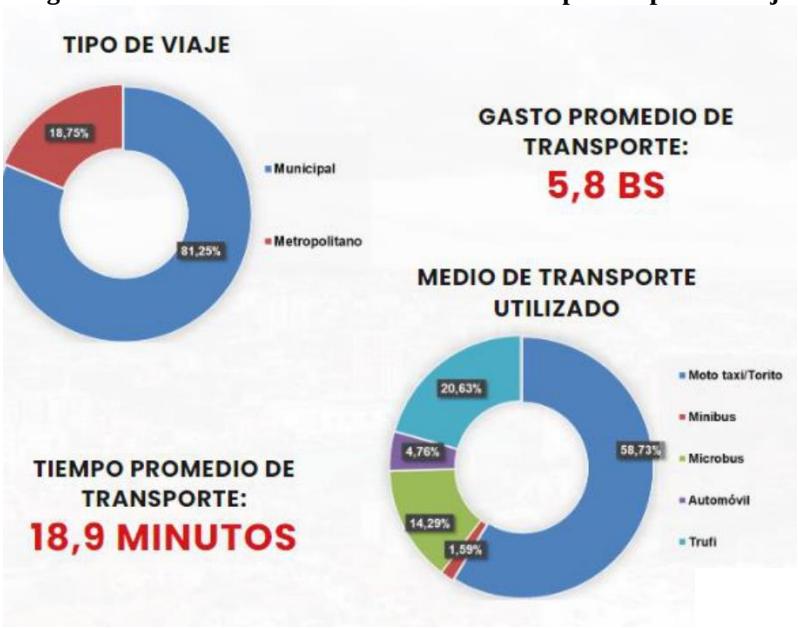
En el caso de los usuarios de tres medios de transporte, se dividió su cadena de viaje en tres viajes: i) Primer viaje; ii) Segundo viaje; y iii) Tercer viaje.

Viaje 1/3

En el caso del primer viaje, el 81,25% se hace en un solo municipio, por otra parte, el 18,75% corresponde a un viaje metropolitano. En el caso del gasto promedio, se observa que este asciende a Bs. 5,80. El tiempo promedio de transporte es de 18,9 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte se usa para este primer viaje, el 58,73% usa moto taxi/torito, el 20,63% usa trufi, el 14,29% usa microbús, el 4,76% usa automóvil, y el 1,59% utiliza minibús.

Figura No 167 Usuarios de tres medios de transporte – primer viaje



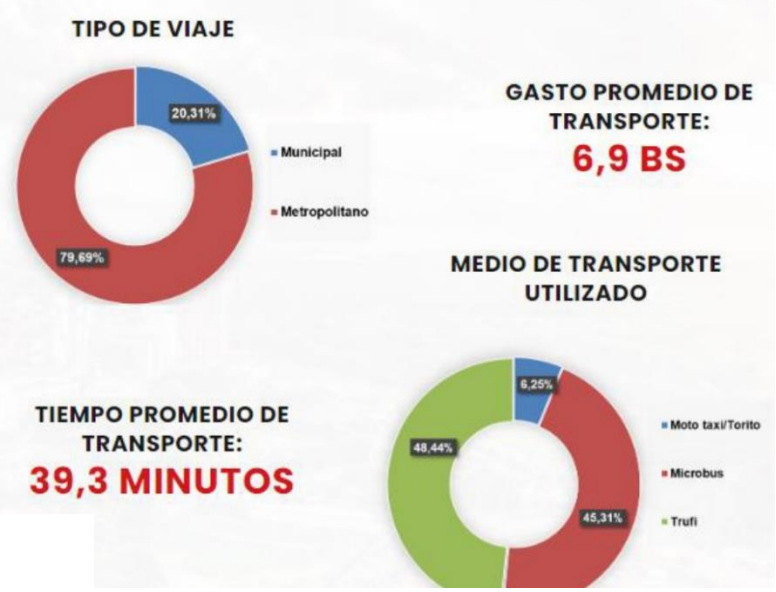
Fuente: GADSC

Viaje 2/3

En el caso del segundo viaje, el 79,69% corresponde a un viaje metropolitano, y el 20,31% se hace en un solo municipio. En el caso del gasto promedio, este asciende a Bs. 6,90. El tiempo promedio de transporte es de 39,3 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte que se usa para el segundo viaje, el 48,44% usa trufi, el 45,31% usa microbús y el 6,25% utiliza moto taxi/torito.

Figura No 168 Usuarios de tres medios de transporte – segundo viaje



Fuente: GADSC

Viaje 3/3

En el caso del tercer viaje, el 83,87% corresponde a un viaje municipal, y el 16,13% es un viaje metropolitano. En el caso del gasto promedio, este asciende a Bs. 2,90. El tiempo promedio de transporte es de 18,6 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte que se usa para el tercer viaje, el 80% usa microbús, 10% utiliza moto taxi/torito, 6,67% usa trufi, 3,33% utiliza otros medios de transporte.

Figura No 169 Usuarios de tres medios de transporte – tercer viaje

Fuente: GADSC

17.1.2.4 Usuarios de cuatro medios de transporte

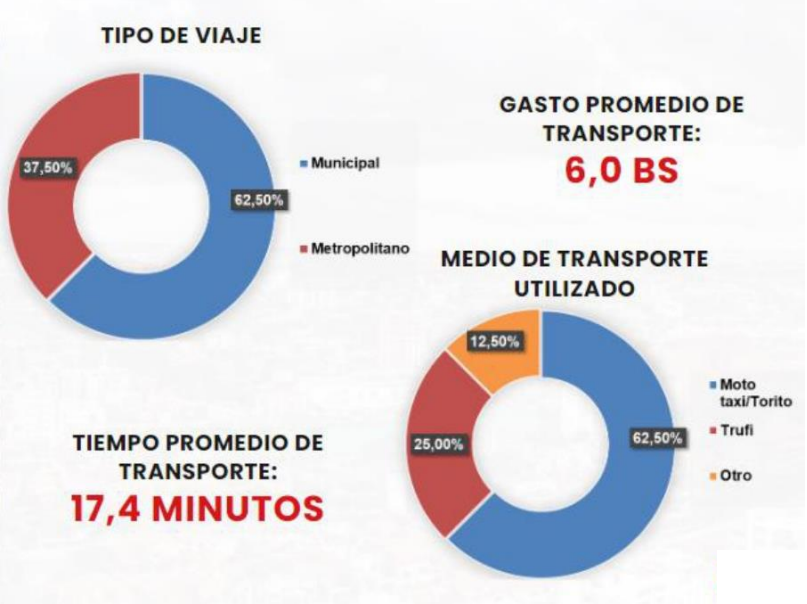
En el caso de los usuarios de cuatro medios de transporte, se dividió su cadena de viaje en cuatro viajes: i) Primer viaje; ii) Segundo viaje; iii) Tercer viaje; y iv) Cuarto viaje.

Viaje 1/4

En el caso del primer viaje, el 62,5% corresponde a viajes municipales se hace en un solo municipio, por otra parte, el 37,5% corresponde a un viaje metropolitano. En el caso del gasto promedio, se observa que este asciende a Bs. 6,00. El tiempo promedio de transporte es de 17,4 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte se usa para este primer viaje, el 62,50% usa moto taxi/torito, el 25% usa trufi, y el 12,5% utiliza otros medios de transporte.

Figura No 170 Usuarios de cuatro medios de transporte – primer viaje



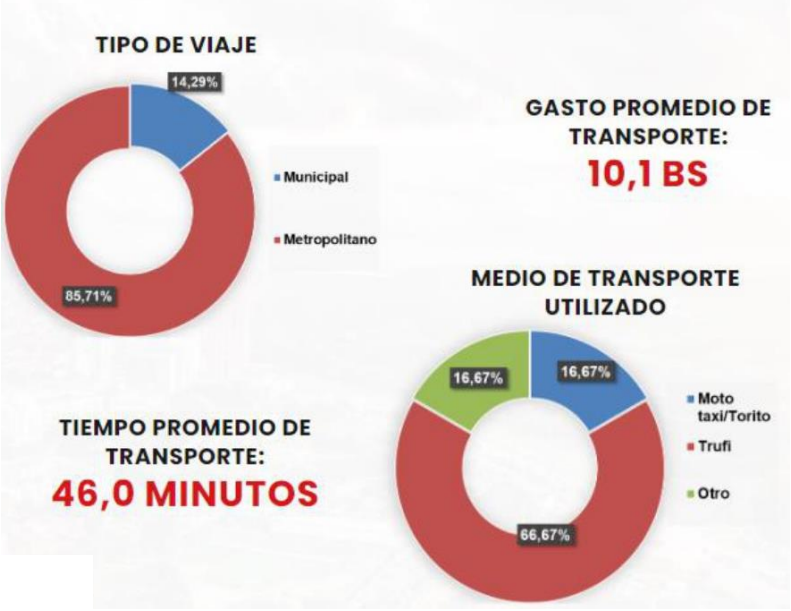
Fuente: GADSC

Viaje 2/4

En el caso del segundo viaje, el 85,71% corresponde a viajes metropolitanos, por otra parte, el 14,29% corresponde a un viaje municipal. En el caso del gasto promedio, se observa que este asciende a Bs. 10,10. El tiempo promedio de transporte es de 46 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte se usa para el segundo viaje, el 66,67% usa trufi, el 16,67% usa moto taxi / torito, y el 16,67% utiliza otro medio de transporte.

Figura No 171 Usuarios de cuatro medios de transporte – segundo viaje



Fuente: GADSC

Viaje 3/4

En el caso del tercer viaje, el 71,43% corresponde a viajes municipales, por otra parte, el 28,57% corresponden a viajes metropolitanos. En el caso del gasto promedio, se observa que este asciende a Bs. 17,30. El tiempo promedio de transporte es de 12,3 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte se usa para el tercer viaje, el 42,86% usa microbús, otro 42,86% usa moto taxi / torito y el 14,29% utiliza otro medio de transporte.

Figura No 172 Usuarios de cuatro medios de transporte – tercer viaje

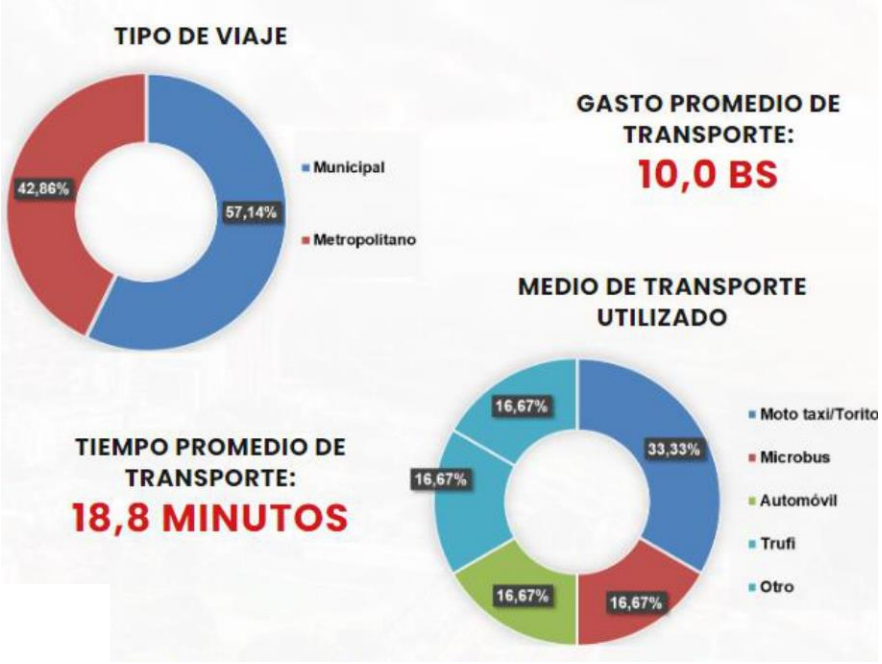
Fuente: GADSC

Viaje 4/4

En el caso del cuarto viaje, el 57,14% corresponde a viajes municipales, por otra parte, el 42,86% corresponden a viajes metropolitanos. En el caso del gasto promedio, se observa que este asciende a Bs. 10. El tiempo promedio de transporte es de 18,8 minutos.

En lo referido al tipo de medios de transporte se usa para el cuarto viaje, el 33,33% usa moto taxi / torito, después se ubican con el 16,67% el uso de microbuses, el mismo porcentaje es para los automóviles, trufis y otros medios de transporte.

Figura No 173 Usuarios de cuatro medios de transporte – tercer viaje



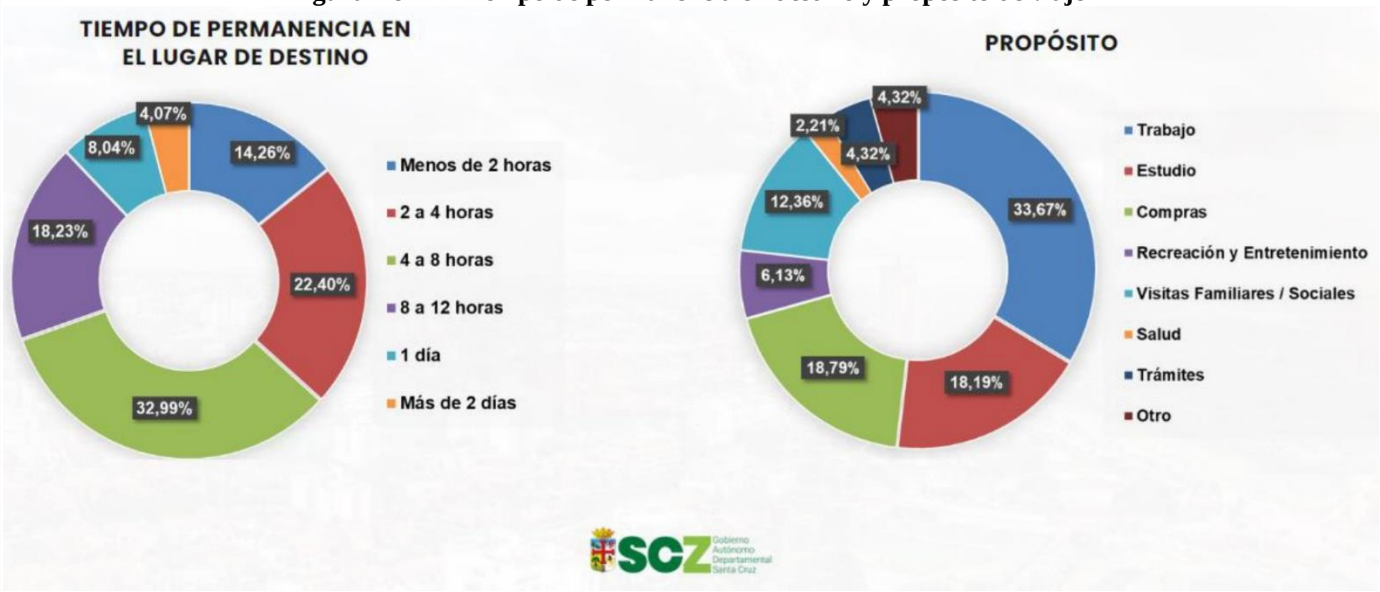
Fuente: GADSC

17.1.3. Tiempo de permanencia y propósito de viaje

Los resultados muestran que el tiempo de permanencia en el lugar de destino de los viajes varia de la siguiente manera: El 32,99% permanece de 2 a 4 horas; el 22,4% se queda 2 a 4 horas; el 18,23% permanece de 8 a 12 horas; el 14,26% menos de 2 horas; el 8,04% se queda 1 día y el 4,07% más de dos días.

En cuanto al propósito de viaje. Los resultados muestran que el 33,67% se desplazan por trabajo, el 18,79% por compras, el 18,19% por estudios, el 12,36% viaja para visitar familiares o fines sociales; el 6,13% por recreación, el 4,32% para hacer trámites y el 4,32% restante viaja por otros fines.

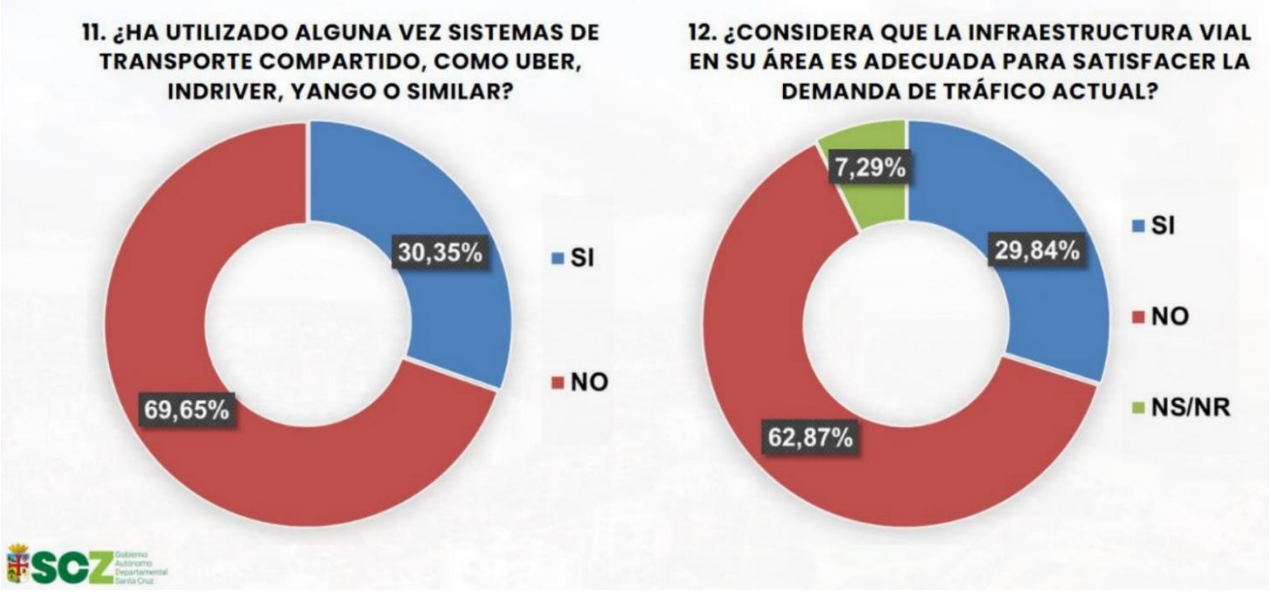
Figura No 174 Tiempo de permanencia en destino y propósito de viaje



Fuente: GADSC

17.1.4. Otros aspectos relevados

Figura No 175 Otros aspectos relevados



Fuente: GADSC

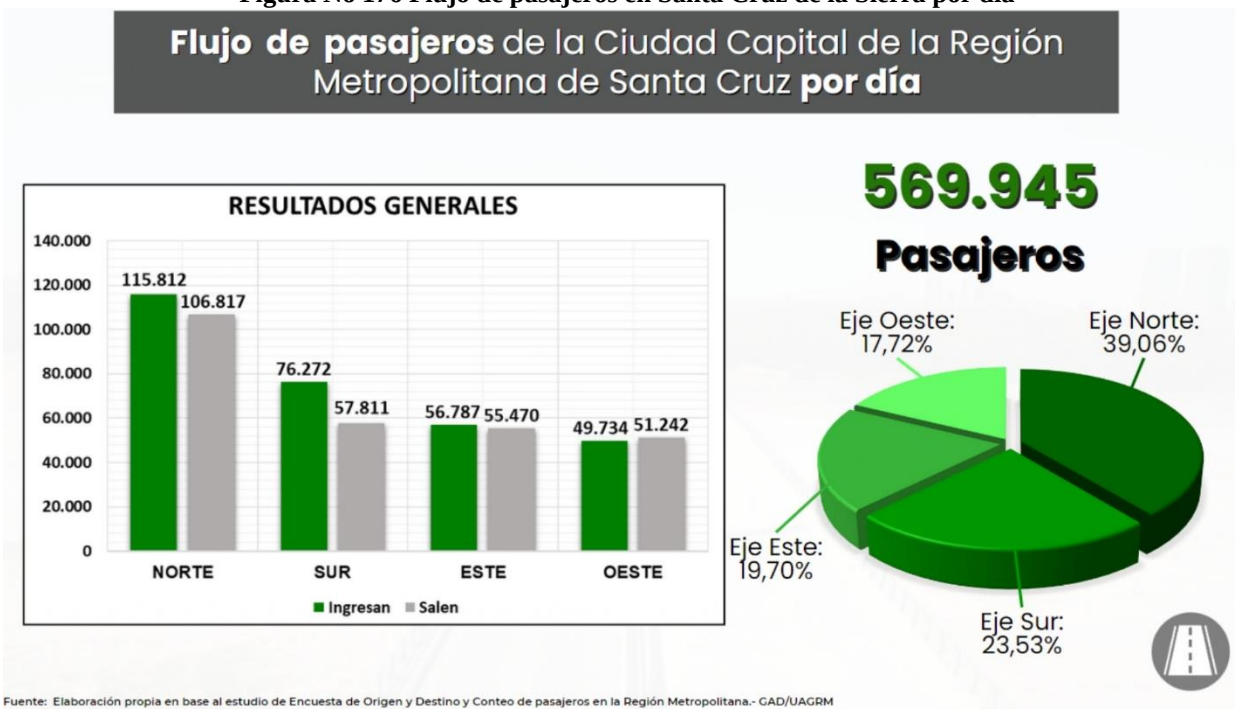
El estudio hizo otro tipo de consultas a los encuestados en dos dimensiones: a) Sobre los servicios de taxi por aplicativos móviles; y b) Sobre la percepción de satisfacción en relación a la infraestructura vial.

17.2. Estudio de Conteo de Pasajeros en la Región Metropolitana

El estudio de conteo de pasajeros en la región metropolitana se realizó en: i) Eje Norte (Puente Viru Viru); ii) Eje Sur (Carretera a La Guardia); iii) Eje Este (Carretera a Cotoca); y iv) Eje Oeste (Puente Urubó).

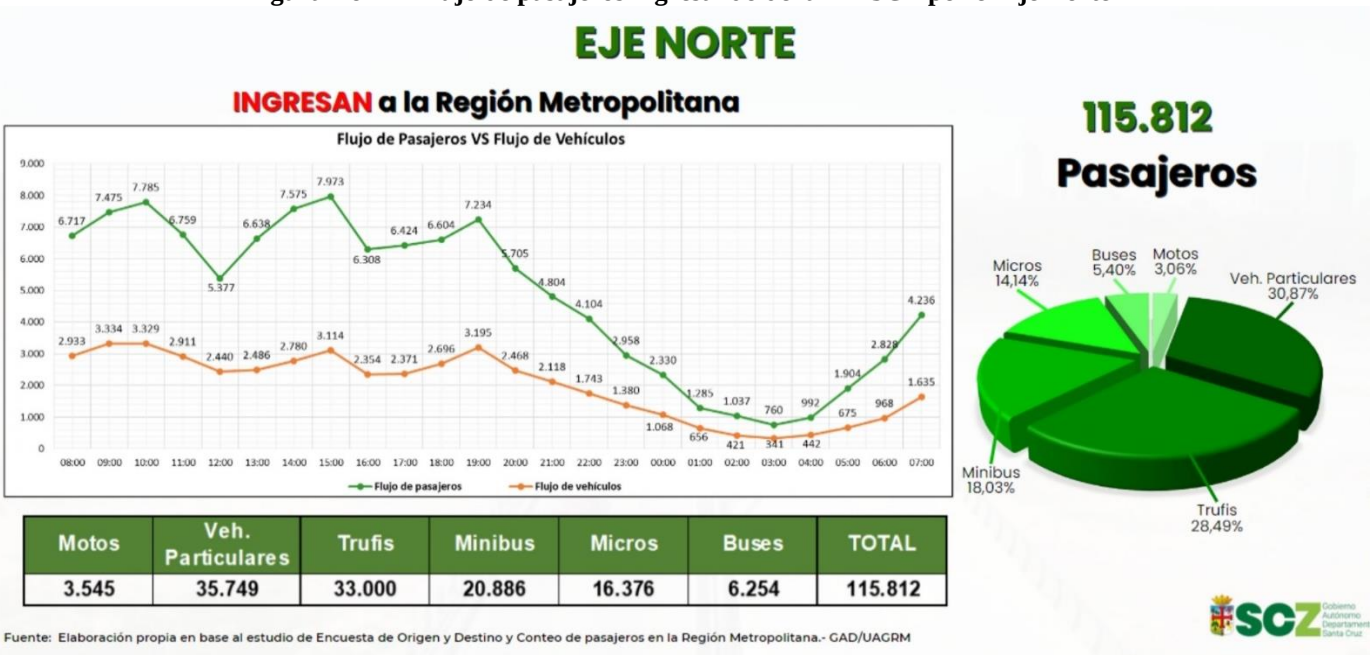
El estudio usó un aplicativo móvil, definiendo a los siguientes tipos de vehículos a cuantificar: a) Motocicletas (incluyendo vehículos de 3 ruedas); b) Vehículos particulares; c) Trufis; d) Minibuses; e) Microbuses; y f) Buses (transporte interprovincial e interdepartamental).

Figura No 176 Flujo de pasajeros en Santa Cruz de la Sierra por día



Fuente: GADSC

Figura No 177 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Norte



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
3.545	35.749	33.000	20.886	16.376	6.254	115.812

Fuente: GADSC

Por el Eje Norte ingresan 115.812 pasajeros. El 30,87% ingresa en vehículos particulares, el 28,49% en trufis, 18,03% en minibúses, 14,14% entra en microbúses, 5,4% usan buses; y el 3,06% en motocicletas.

La hora pico de flujo de pasajeros ingresando a la RMSCZ por el Eje Norte es a las 15:00, registrando 7.973 personas. La segunda mayor hora pico es a las 10:00, registrando 7.785 personas. La tercera mayor hora pico es a las 19:00, registrando 7.234 personas.

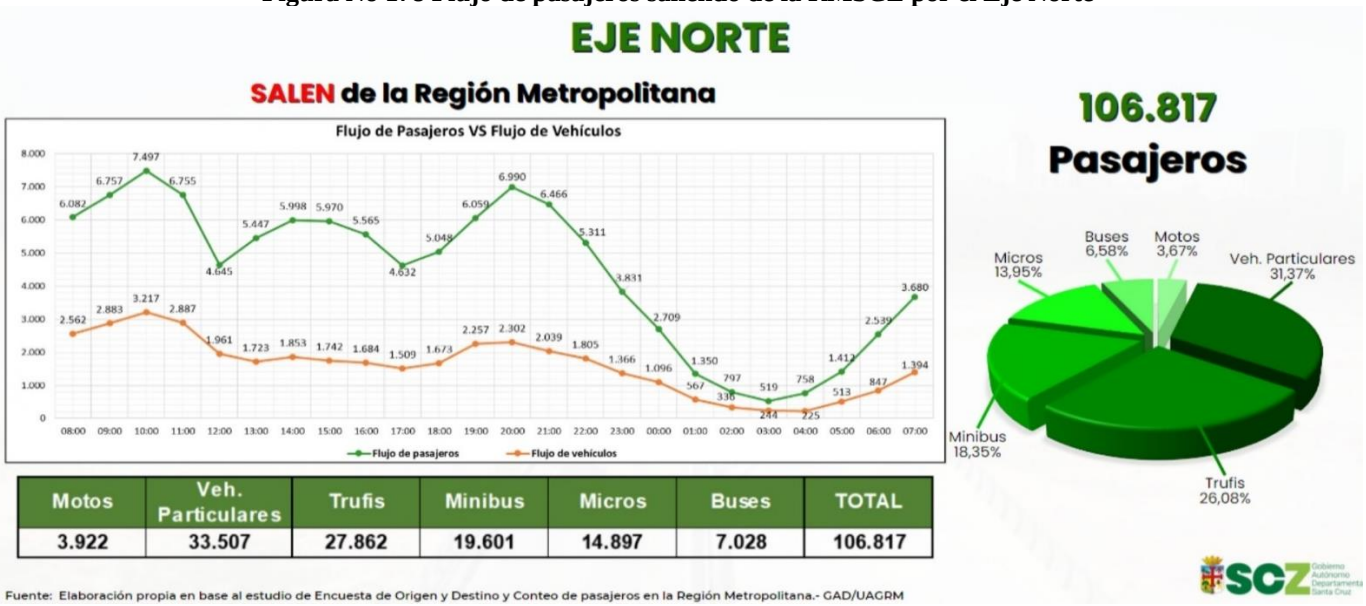
En lo referido al flujo de vehículos, la hora pico es a las 19:00, hora en la cual se registraron 3.195. A las 09:00 se registraron 3.334 vehículos y a las 10:00 se registraron 3.329.

Por el Eje Norte salen 106.817 pasajeros. El 31,37% salen en vehículos particulares, el 26,08% en trufis, 18,35% en minibúses, 13,95% salen en microbúses, 6,58% usan buses para salir; y el 3,67% en motocicletas.

La hora pico de flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Norte es a las 10:00, registrando 7.497 personas. La segunda mayor hora pico es a las 20:00, registrando 6.990 personas. La tercera mayor hora pico es a las 09:00, registrando 6.757 personas.

En lo referido al flujo de vehículos, la hora pico es a las 10:00, hora en la cual se registraron 3.217. A las 11:00 se registraron 2.887 vehículos y a las 09:00 se registraron 2.883.

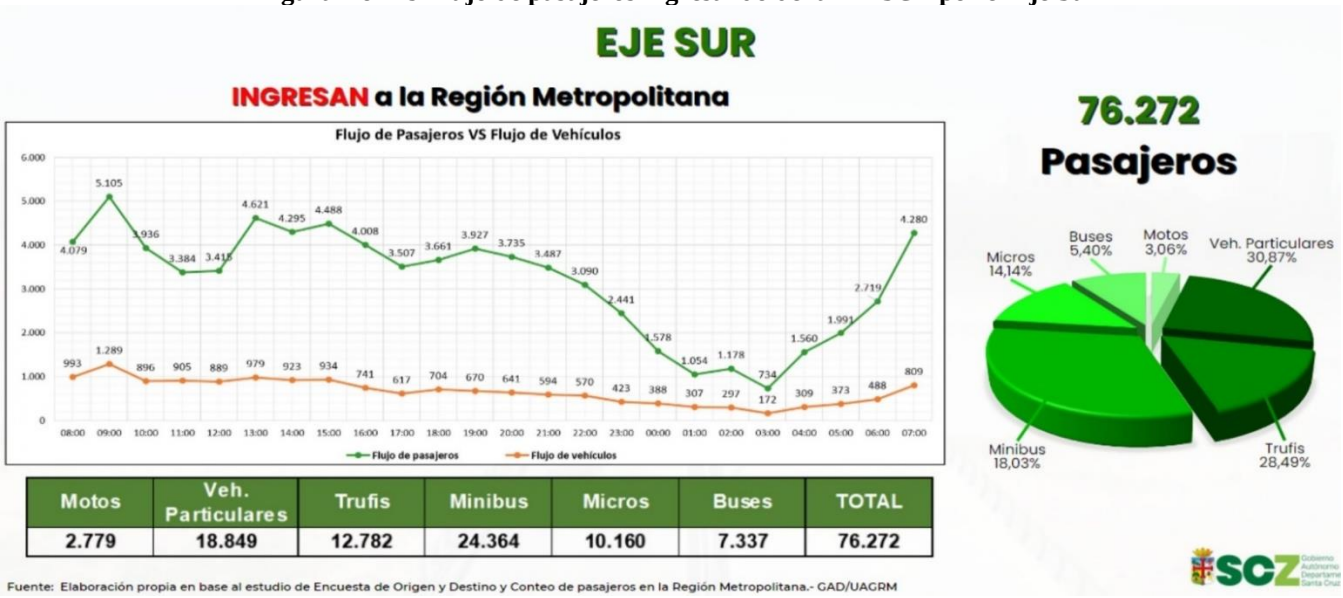
Figura No 178 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Norte



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
3.922	33.507	27.862	19.601	14.897	7.028	106.817

Fuente: GADSC

Figura No 179 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Sur



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
2.779	18.849	12.782	24.364	10.160	7.337	76.272

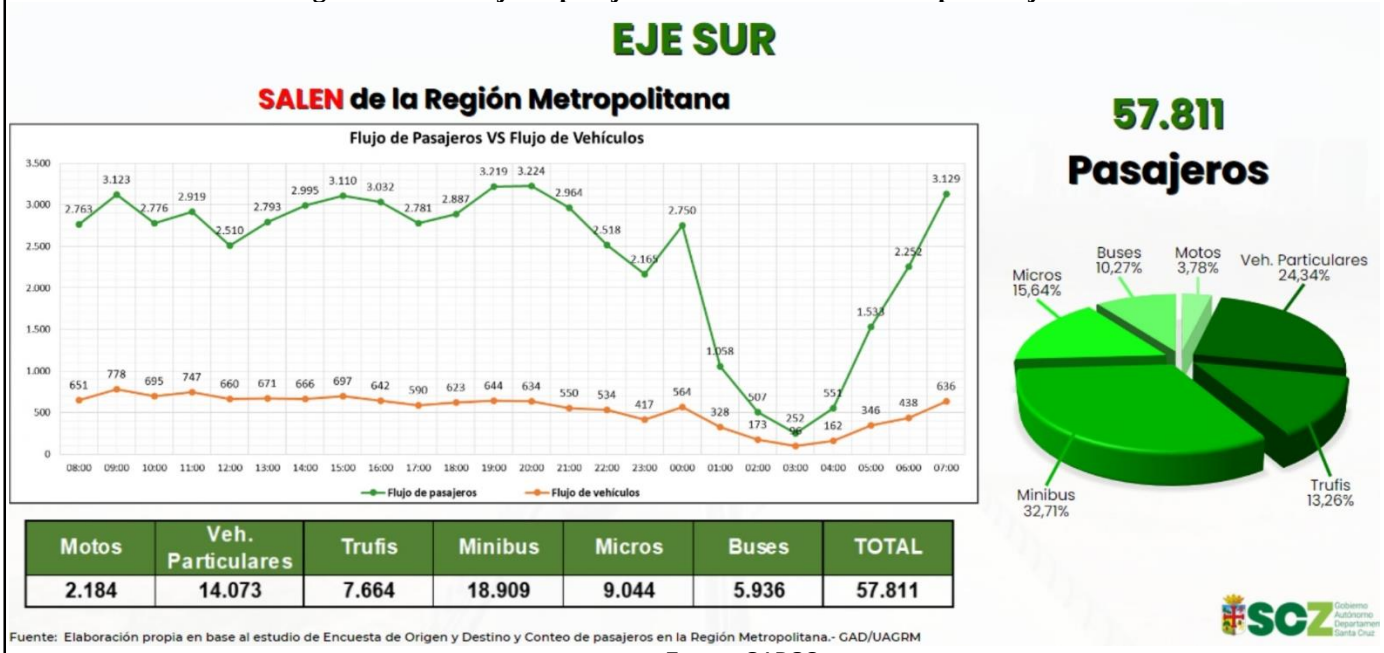
Fuente: GADSC

Por el Eje Sur ingresan 76.272 pasajeros. El 30,87% ingresa en vehículos particulares, el 28,49% en trufis, 18,03% en minibúses, 14,14% entra en microbúses, 5,4% usan buses; y el 3,06% en motocicletas.

La hora pico de flujo de pasajeros ingresando a la RMSCZ por el Eje Sur es a las 09:00, registrando 5.105 personas. La segunda mayor hora pico es a las 13:00, registrando 4.621 personas. La tercera mayor hora pico es a las 13:00, registrando 4.621 personas.

En lo referido al flujo de vehículos, se observa que es bastante parejo a lo largo del día, la hora pico es a las 09:00, hora en la cual se registraron 1.289 y a las 07:00 se registraron 809 vehículos.

Figura No 180 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Sur



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
2.184	14.073	7.664	18.909	9.044	5.936	57.811

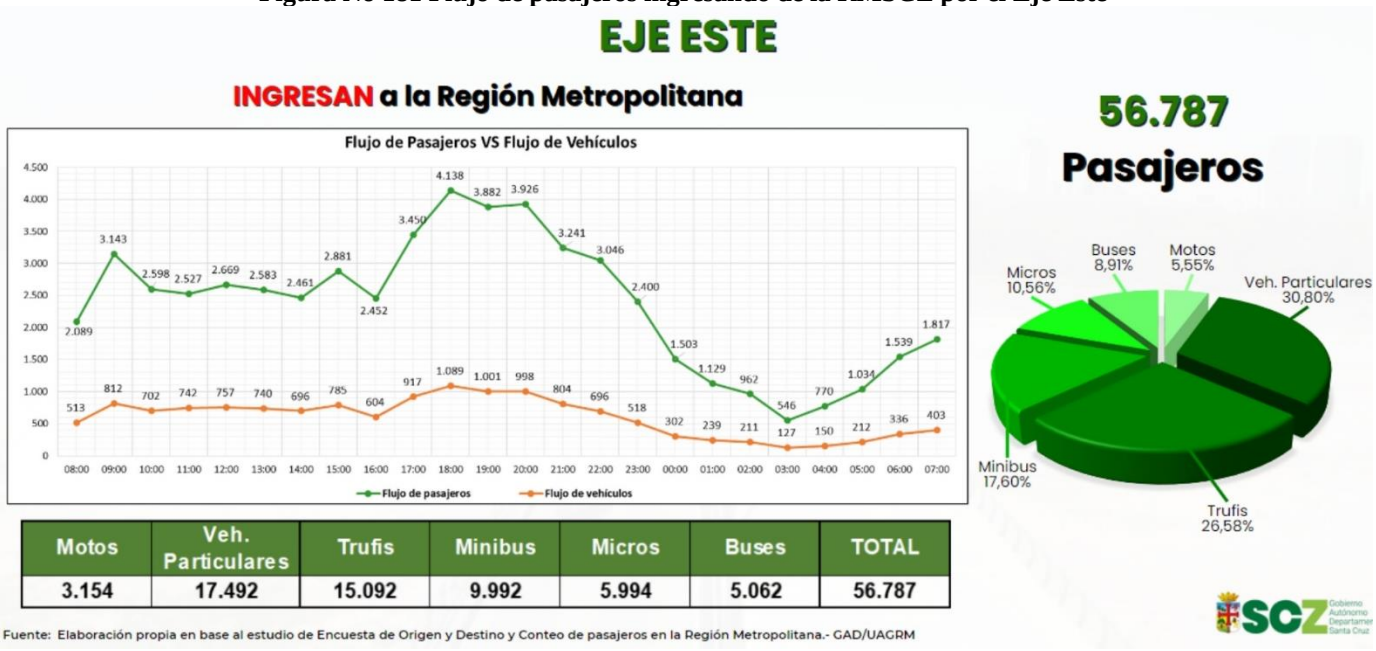
Fuente: GADSC

Por el Eje Sur salen 57.811 pasajeros. El 32,71% salen en minibuses, el 24,34% en vehículos particulares, el 15,64% en microbuses, 13,26% en trufis, el 10,27% en minibuses, 3,78% salen en motocicletas.

La hora pico de flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Sur es a las 20:00, registrando 3.224 personas. La segunda mayor hora pico es a las 19:00, registrando 3.219 personas. La tercera mayor hora pico es a las 07:00, registrando 3.129 personas.

En lo referido al flujo de vehículos, la hora pico es a las 09:00, hora en la cual se registraron 778. A las 11:00 se registraron 747 vehículos y a las 15:00 se registraron 697.

Figura No 181 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Este



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
3.154	17.492	15.092	9.992	5.994	5.062	56.787

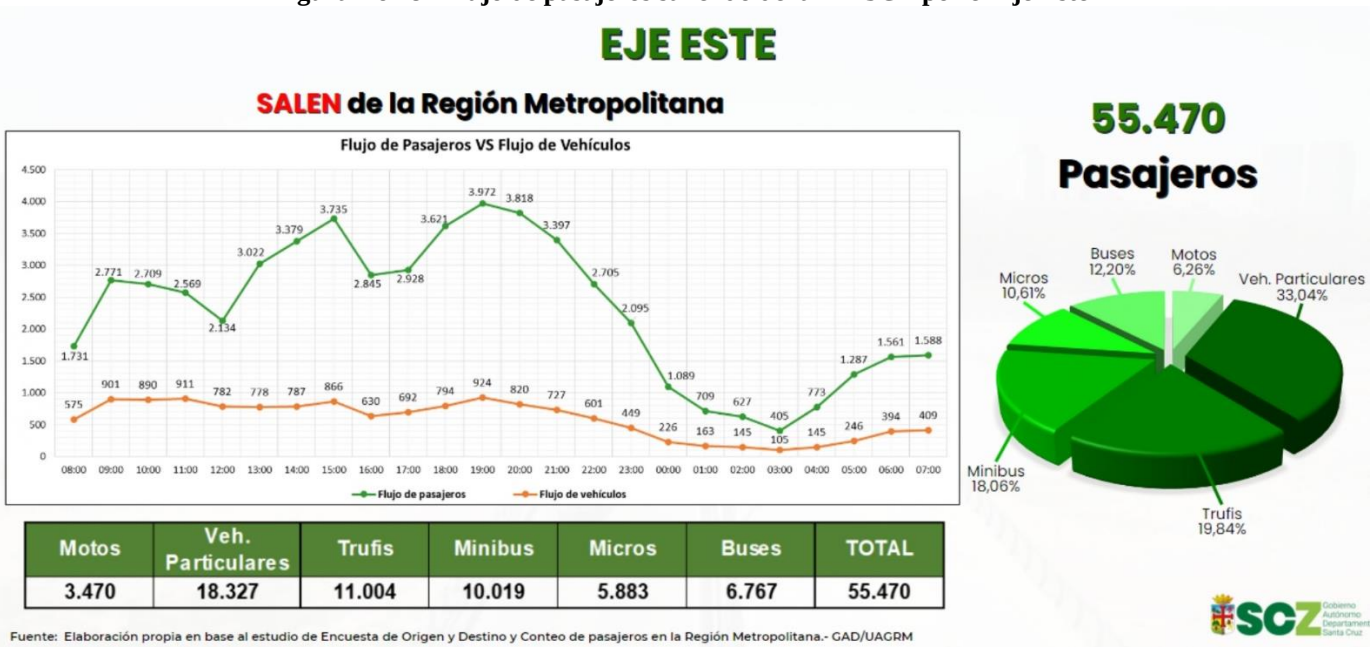
Fuente: GADSC

Por el Eje Este ingresan 56.787 pasajeros. El 30,8% ingresa en vehículos particulares, el 26,58% en trufis, 17,60% en minibuses, 10,56% entra en microbuses, 8,91% usan buses; y el 5,55% en motocicletas.

La hora pico de flujo de pasajeros ingresando a la RMSCZ por el Eje Este es a las 18:00, registrando 4.138 personas. La segunda mayor hora pico es a las 20:00, registrando 3.926 personas. La tercera mayor hora pico es a las 19:00, registrando 3.882 personas.

En lo referido al flujo de vehículos, la hora pico es a las 18:00, en la cual se registraron 1.089 y la segunda hora pico es a las 19:00 se registraron 1.001 vehículos.

Figura No 182 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Este



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
3.470	18.327	11.004	10.019	5.883	6.767	55.470

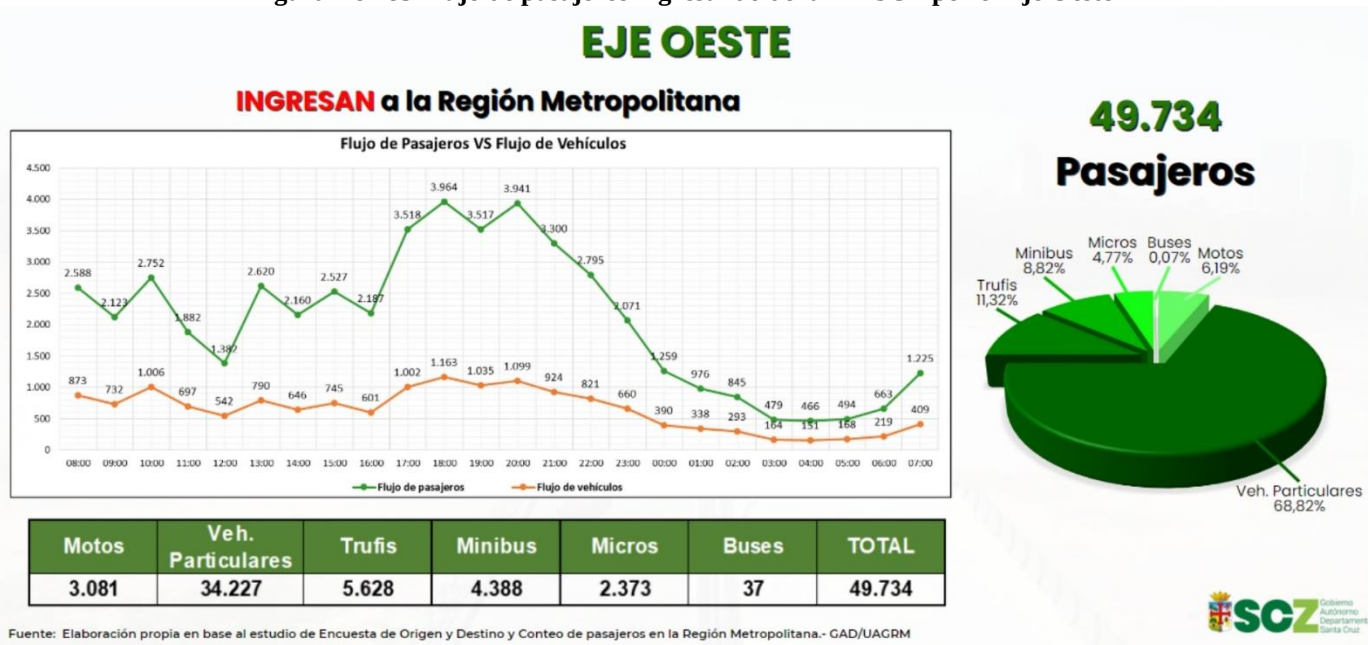
Fuente: GADSC

Por el Eje Este salen 55.470 pasajeros. El 33,04% ingresa en vehículos particulares, el 19,84% en trufis, 18,06% en minibuses, el 12,2% usan buses, el 10,61% entra en microbuses, 6,26% usan motocicletas.

La hora pico de flujo de pasajeros saliendo a la RMSCZ por el Eje Este es a las 19:00, registrando 3.972 personas. La segunda mayor hora pico es a las 20:00, registrando 3.818 personas. La tercera mayor hora pico es a las 15:00, registrando 3.735 personas.

En lo referido al flujo de vehículos, la hora pico es a las 19:00, en la cual se registraron 924 y la segunda hora pico es a las 09:00, en la que se registraron 901 vehículos.

Figura No 183 Flujo de pasajeros ingresando de la RMSCZ por el Eje Oeste



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
3.081	34.227	5.628	4.388	2.373	37	49.734

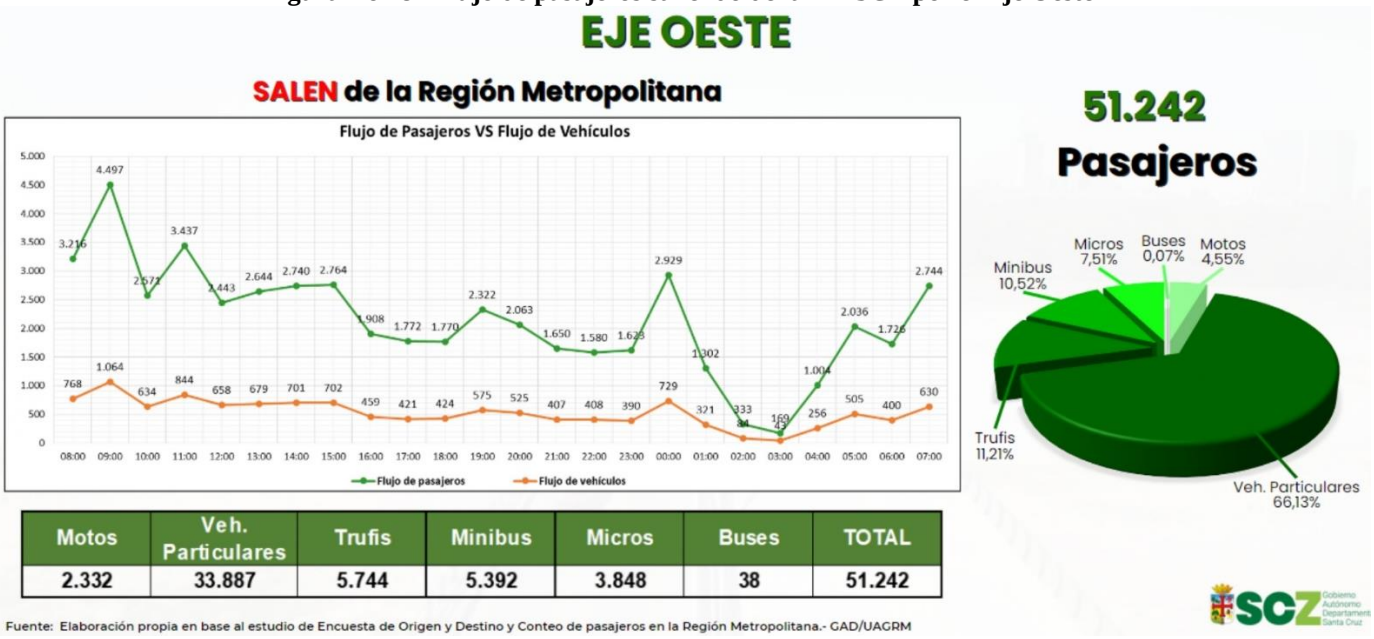
Fuente: GADSC

Por el Eje Oeste ingresan 49.734 pasajeros. El 68,82% ingresa en vehículos particulares, el 11,32% en trufis, 8,82% pasajeros en minibuses, el 6,19% usan motocicletas, el 4,77% entra en microbuses, y 0,07% usan buses.

La hora pico de flujo de pasajeros ingresando a la RMSCZ por el Eje Oeste es a las 18:00, registrando 3.964 personas. La segunda mayor hora pico es a las 20:00, registrando 3.941 personas. La tercera mayor hora pico es a las 17:00, registrando 3.518 personas.

En lo referido al flujo de vehículos, la hora pico es a las 18:00, en la cual se registraron 1.163 y la segunda hora pico es a las 20:00, en la que se registraron 1099 vehículos.

Figura No 184 Flujo de pasajeros saliendo de la RMSCZ por el Eje Oeste



Motos	Veh. Particulares	Trufis	Minibus	Micros	Buses	TOTAL
2.332	33.887	5.744	5.392	3.848	38	51.242

Fuente: GADSC

Por el Eje Oeste salen 51.242 pasajeros. El 66,13% ingresa en vehículos particulares, el 11,21% en trufis, el 10,52% son pasajeros en minibuses, el 7,51% usan microbuses, el 4,55% entra en motocicletas, y 0,07% usan buses.

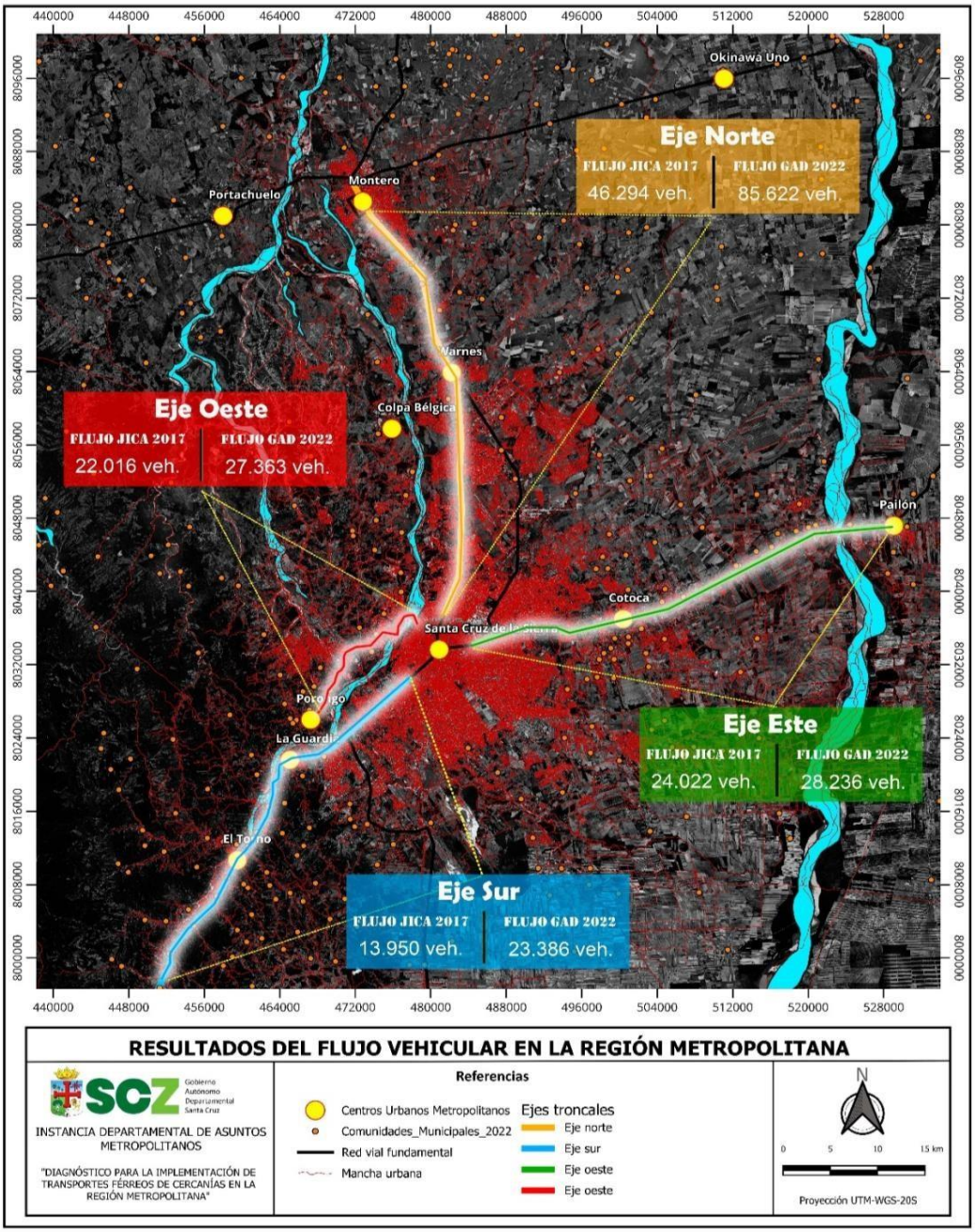
La hora pico de flujo de pasajeros saliendo a la RMSCZ por el Eje Oeste es a las 09:00, registrando 4.497 personas. La segunda mayor hora pico es a las 11:00, registrando 3.437 personas. La tercera mayor hora pico es a las 00:00, registrando 2.929 personas.

En lo referido al flujo de vehículos, la hora pico es a las 09:00, en la cual se registraron 1.064 y la segunda hora pico es a las 00:00, en la que se registraron 729 vehículos.

18. COMPARACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR POR EJE EN LOS ESTUDIOS REVISADOS

El siguiente mapa compara el flujo vehicular entre el "Estudio realizado por JICA en 2017" y el " Estudio de aforo vehicular del GAD en 2022". La diferencia entre ambos estudios es de cinco años, y muestra un aumento del flujo de vehículos en cada uno de los ejes de la Región Metropolitana de Santa Cruz.

Figura No 185 Resultados comparativos entre estudios de aforo



Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN 5 – ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS DE TRANSPORTE FERROVIARIOS

19. ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIPOS DE TRANSPORTE FERROVIARIO

Este apartado muestra una comparación entre opciones de transporte ferroviario, para lo cual se eligieron las opciones tecnológicas férreas más representativas. Dichas opciones son:

- **Tranvía en neumáticos:** Se entiende por tranvía a un medio de transporte ferroviario de pasajeros que circula por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles, sin separación del resto de la vía ni senda o sector reservado. El tranvía en neumáticos es guiado por un solo carril, situado en el centro y se mueve sobre ruedas neumáticas.
- **Tren ligero (LRT):** Es un sistema tranviario que circula en gran parte de su recorrido por una plataforma parcial o totalmente segregada del tráfico rodado y en algunos casos tienen prioridad semafórica.
- **Automated People Mover (APM):** Es un sistema de transporte ferroviario ligero totalmente automatizado, formado por lanzaderas que viajan en pequeñas líneas.
- **Metro convencional:** Abreviación de ferrocarril metropolitano, es un sistema ferroviario que utiliza material rodante pesado y de gran capacidad, que se encarga de conectar los distintos barrios de una misma ciudad utilizando una infraestructura exclusiva para el transporte de pasajeros, generalmente subterránea, aunque puede haber tramos en superficie o en viaducto.
- **Tren de cercanías:** Se denomina tren de cercanías o tren suburbano al sistema de transporte de pasajeros de corta distancia (menos de 100 km entre estaciones extremas) que presta servicios entre el centro de una ciudad y las afueras y ciudades dormitorio de esta u otras ciudades cercanas con un gran número de personas que viajan a diario. Los trenes operan de acuerdo a un horario, a velocidades que van desde 50 hasta 150 km/h.

En función a las opciones tecnológicas ferroviarias identificadas, se definieron los siguientes ámbitos de comparación: a) Material Rodante; b) Nivel de Servicio; c) Capacidad de transporte; d) Impactos ambientales; e) Costos; y f) Dificultad de implementación.

19.1. Material rodante

Con el fin de realizar la comparación del material rodante de cada opción ferroviaria, se definieron tres características principales a tener en cuenta para comparar las características del material móvil. Para tal fin, dichas características son: a) Capacidad; b) Fuente de energía que utilizan (incluyendo el impacto medioambiental); y c) El costo por plaza/vehículo.

Cuadro No 51 Análisis de la tecnología – Material rodante

Tecnología		Sistema de guía	Tracción	Pasajeros por Unidad	Costo de Material Rodante / Capacidad de Unidad -Unidades
Tranvía en neumáticos		Vehículos guiadossobre neumáticos(guiado sólo por carril central)	Eléctrica (concables aéreos)	120-350 pax.	16.500-33.000 US$ por viajero
Tren Ligero		Vehículo ferroviario que circula sobre vía férrea	Eléctrica (concables aéreos)	120-350 (2coches) pax.	16.500-33.000 US$ por viajero
APM	**Crystal Mover /VAL / Bombardier**	Vehículo ferroviariode guiado automático	Sistema auto propulsado. Motor eléctrico	75-100 pax.	-
	Aeromovel	Vehículo ferroviario de guiado automático	Sistema auto propulsado. Motor eléctrico	200-300 pax.	4.500-7.000 US$ por viajero
	Minimetro / Otis Hovair	Vehículo ferroviario de guiado automático	Tirado por cable	60-120 pax.	-
	Maglev	Vehículo ferroviariode guiado automático	Sistema auto propulsado. Motor eléctrico	50 - 90 pax.	-
	H-Bahn	Monorraíl suspendido	Tirado por cable	15 - 45 pax.	-
Metro Convencional		Vehículo ferroviario que circula sobre vía férrea	Eléctrica (aérea/tercer carril)	180 -730 (4coches) pax.	44000 - 55000 US$ por pasajero
Tren de Cercanías		Vehículo ferroviario que circula sobre vía férrea	Eléctrica (aérea)	375 – 1500 (4 coches) pax.	21300 - 26700 US$ por pasajero

Fuente: Elaboración Propia

19.2. Nivel de servicio

El nivel de servicio de cada tecnología se ha evaluado en función de 3 parámetros: Velocidad Comercial, progreso mínimo y confort.

Cuadro No 52 Análisis de la tecnología – Nivel de servicio

Tecnología		Velocidad Comercial	Progreso Mínimo	Comodidad
Tranvía en neumáticos		20-25 km/h	2 min	Alta
Tren Ligero		20-25 km/h	2 min	Alta
APM	**Crystal Mover / VAL / Bombardier**	20-25 km/h	1-5 min	Alta
	Aeromovel	30 km/h	1,5 – 2 min	Alta
	Minimetro / Otis Hovair	30 – 50 km/h	5 min	Alta
	Maglev	40 – 80 km/h	2 - 6 min	Alta
	H-Bahn	20 km / h	5 min	Media
Metro convencional		25-40 km / h	1 min	Alta
Tren de Cercanías		35-50 km / h	1 min	Alta

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla precedente se comprueba que:

- Los sistemas basados en Trolebuses tienen un nivel de servicio inferior al resto de sistemas. Menor velocidad comercial, mayor intervalo de paso y menor confort.
- LRTs y tranvías en neumáticos tienen un nivel de servicio similar.
- Los sistemas APM presentan un óptimo nivel de servicio.
- El metro convencional y el tren de cercanías pueden alcanzar velocidades superiores a 50 km/h en función del trazado y la distancia entre paradas, pero por sus elevados volúmenes de inversión, su más lento proceso de implementación probablemente uno de los mejores del conjunto de sistemas existentes. Uno de los problemas de estos sistemas y el de APM es la Accesibilidad.

19.3. Capacidad de transporte

A la hora de elegir un sistema de transportes, la capacidad, definida por el volumen de pasajeros por unidad de tiempo, es un criterio fundamental. La capacidad de transporte por sentido y hora depende de dos parámetros fundamentales: la superficie útil del vehículo y el intervalo de paso, estando éste limitado por la segregación de la plataforma y los sistemas de ayuda a la explotación.

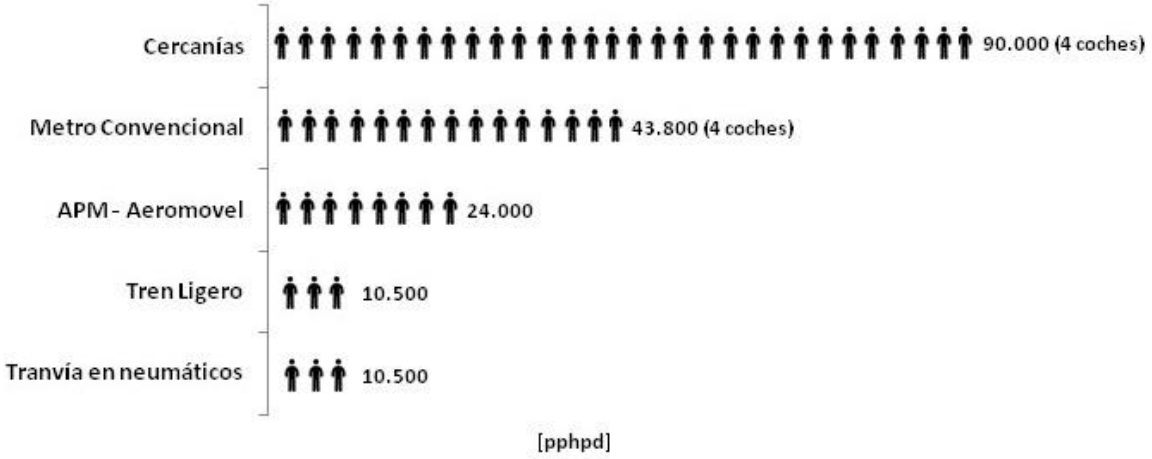
Cuadro No 53 Análisis de la tecnología – Capacidad

Tecnología		Pasajeros por Unidad	Progreso Mínimo	Capacidad Máxima
Tranvía en neumáticos		120-350 pax.	2 min	3.600-10.500 pphpd
Tren Ligero		120-350 pax.	2 min	3.600-10.500 pphpd
APM	**Crystal Mover / VAL / Bombardier**	75-100 pax.	1-5 min	2.000-22.000 pphpd
	Aeromovel	200-300 pax.	1,5 – 2 min	24.000 pphpd
	Minimetro / Otis Hovair	60-120 pax.	5 min	8.000 pphpd
	Maglev	50 - 180 pax.	2 - 6 min	1.600 pphpd
	H-Bahn	15 - 45 pax.	5 min	2.000 pphpd
Metro Convencional		180 -730 (4coches) pax.	1 min	43.800 (4 coches) pphpd
Tren de Cercanías		375 – 1500 (4 coches) pax.	1 min	90.000 (4 coches) pphpd

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se observa como la capacidad máxima de transporte por hora y sentido es de 3.200 pasajeros para los Trolebuses; 10.500 pasajeros para Tranvías y LRTs y 24.000 pasajeros para APM, tecnología Aeromovel. Para altos niveles de demanda, el metro y el ferrocarril de cercanías, 43.800 pasajeros y 90.000 pasajeros respectivamente, siguen siendo las soluciones más adecuadas.

Figura No 186 Capacidades máximas



Fuente: Elaboración Propia

19.4. Impactos ambientales

El impacto medioambiental se ha evaluado en función de 4 parámetros: Emisiones, Ruido, Grado de ocupación de suelo e Impacto visual.

Cuadro No 54 Análisis de la tecnología – Impactos

Tecnología	CO_2	Partículas	NO_x	CO	Ruido	Impacto Visual	Ocupación del suelo
Tranvía en neumáticos	--	--	--	--	Bajo	Medio Alto	Medio Alto
Tren Ligero	--	--	--	--	Medio	Medio Alto	Medio Alto
APM	--	--	--	--	Bajo	Alto	Bajo
Metro Convencional	--	--	--	--	Medio	Alto	Alto/Bajo
Tren de Cercanías	--	--	--	--	Medio	Alto	Alto/Bajo

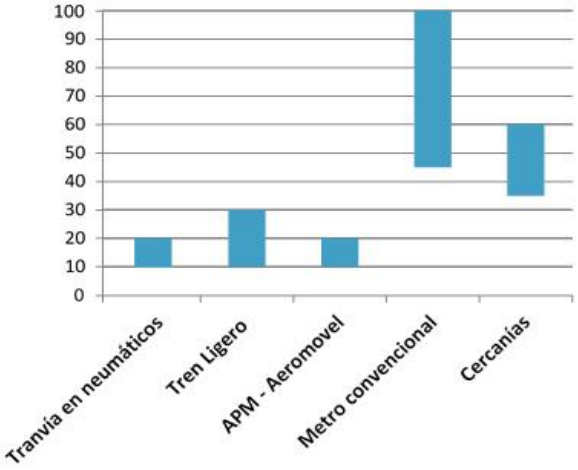
Fuente: Elaboración Propia

19.5. Costos

19.5.1. Costos de inversión

El modo de transporte ferroviario es el más costoso de todos los modos de transporte urbanos. Por lo tanto, los costos de inversión son elevados, necesitando una actuación mayor a lo largo del recorrido de las líneas de transporte (pista + potencia). El metro y el tren de cercanías, por sus elevados montos de inversión y costos de explotación, son adecuados para corredores con una demanda muy importante.

Figura No 187 Costos de capital



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro No 55 Análisis de la tecnología – Costos de capital

Tecnología	Material Rodante	Pista	Potencia	Garajes
Tranvía en neumáticos	3,0–5,0 MUS$/unidad (30 años de vida de servicio)	2,64 – 4,84 MUS$/km	2,2 – 2,64 MUS$/km	6,6 – 11,0 MUS$
Tren Ligero	3,5–5,0 MUS$/unidad (30 años de vida de servicio)	2,2 – 5,5 MUS$/km	2,2 – 2,64 MUS$/km	6,6 – 11,0 MUS$
APM - Aeromovel	1,0-2,0 MUS$/unidad (30 años de vida de servicio)	4,0 MUS$/km	1,3 MUS$/km	6,2 MUS$
Metro Convencional	45-100 MUS$/km.			
Tren de Cercanías	35-60 MUS$/km.			

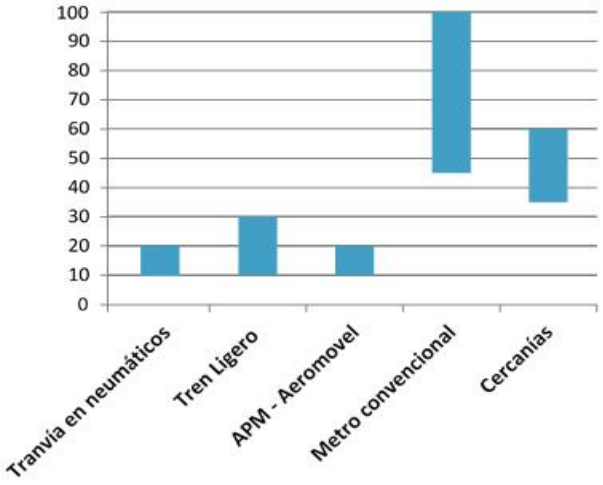
Fuente: Elaboración Propia

19.5.2. Costos de operación y mantenimiento

El costo de operación y mantenimiento de los sistemas se refleja en la relación que sigue:

- Entre 4,0 y 8,0 US$/ veh-km para Tranvías sobre neumáticos.
- Entre 4,0 y 8,0 US$/ veh-km para LRTs.
- Entre 0,32 y 8,0 US$/ veh-km para APMs.
- Entre 4,0 y 9,0 US$/ veh-km para el Metro Convencional.
- Entre 7,0 y 9,0 US$/veh-km para el Cercanías.

Figura No 188 Costos de Operación y Mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia

19.6. Dificultad de implementación

En cuando a la dificultad de implementación del sistema, se pueden considerar dos indicadores:

a) Facilidad constructiva

- Tranvía en neumáticos: Media Alta
- Tren Ligero: Media Alta
- APM: Fácil y rápida construcción basada en módulos prefabricados de hormigón.
- Metro Convencional: Dificultad Elevada
- Tren de Cercanías: Dificultad Elevada

b) Riesgo sistema pionero

Un punto importante en la fase de concepción y planificación del sistema de transporte de una ciudad es elegir un sistema experimentado. En general, debe elegirse un sistema probado, lo que evita incertidumbres de costos de explotación y mantenimiento. En principio, lo ideal es elegir un sistema para el que existan diferentes suministradores, tanto para su fabricación como para el posterior mantenimiento, que pudiera ser realizado por fabricantes distintos del suministrador original.

- Tranvía en neumáticos: Bajo
- Tren Ligero: Bajo
- APM: Medio Alto
- Metro Convencional: Bajo
- Tren de Cercanías: Bajo

La información desglosada por ámbitos, se recoge de forma completa en el siguiente cuadro.

Cuadro No 56 Resumen de los ámbitos Material rodante, Nivel de servicio y Capacidad

Ámbito	Parámetro	Tranvía en neumáticos	Tren Ligero LRT	APM - Aeromovel	Metro Convencional	Tren de Cercanías
Material rodante	Sistema de Guía	Vehículos guiados sobre neumáticos (guiado sólo por carril central)	Vehículo ferroviario que circula sobre vía férrea	Vehículo ferroviario de guiado automático	Vehículo ferroviario que circula sobre vía férrea	Vehículo ferroviario que circula sobre vía férrea
	Tracción	Eléctrica (con cablesaéreos)	Eléctrica (con cables aéreos)	Sistema autopropulsado Motor eléctrico	Eléctrica (aérea/tercer carril)	Eléctrica (aérea)
	Pasajeros por Unidad	125-350 pax	120-350 pax.	200-300 pax.	180 – 730 (4 coches) pax.	375 – 1500 (4coches) pax.
Nivel de servicio	Velocidad Comercial	20-25 km/h	20-25 km/h	30 km/h	25 – 40 km/h	35 – 50 km/h
	Progreso mínimo	2 min	2 min	1,5 – 2 min	1 min	1min
	Comodidad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Control del vehículo	Manual	Manual/ATP	Autómata. Sin conductor en cabina	ATP	ATP
	Regularidad	Media-Baja	Media-Alta (mayorcuanto mayor grado de segregación de la plataforma)	Muy Alta	Alta	Alta
	Accesibilidad	Parada a nivel	Estación a nivel	Estación elevada	Estación subterránea	Estación a nivel/ subterránea
Capacidad	Capacidad Máxima	3.600-1.0500 pphpd	3.600-10.500 pphpd	24.000 pphpd	43.800 (4 coches) pphpd	90.000 (4 coches)pphpd

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro No 57 Resumen de los ámbitos Impacto Ambiental y Costos

Ámbito	Parámetro		Tranvía en neumáticos	Tren Ligero LRT	APM - Aeromovel	Metro Convencional	Tren de Cercanías
Impacto Ambiental	Emisiones		No emisiones	No emisiones	No emisiones	No emisiones	No emisiones
	Ruido		Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio
	Impacto visual		Medio Alto	Medio Alto	Alto	Alto	Alto
	Ocupación del suelo		Medio Alto	Medio Alto	Bajo	Alto / Bajo	Alto / Bajo
	Integración urbanística		Fácil	Fácil	Independiente, es elevada	Difícil	Difícil
Costos	Costos de Capital		10 - 20 MUS$/km	10 - 20 MUS$/km	15 - 25[4] MUS$/km	45 - 58 MUS$/km	35-58 MUS$/km
	Costos de Operación		4,0 – 8,0 US$/veh-km	4,0 – 8,0 US$/veh-km	0,3 – 2,0 US$/veh-km	4,0 – 9,0 US$/veh-km.	7,0 - 9,0 US$/veh-km.
	Dificultad de implementación	Dificultad Constructiva	Media	Media - Elevada	Media (basada en módulos prefabricados de hormigón)	Elevada	Elevada
		Riesgo de nueva tecnología	Bajo	Bajo	Medio Alto	Bajo	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

En resumen, las ventajas y desventajas de cada tecnología se incluyen en la tabla adjunta:

Cuadro No 58 Comparación de ventajas y desventajas por tipo de transporte ferroviario

Tecnología	Ventajas	Inconvenientes
Tranvía en neumáticos	- **Capacidad Máxima.** - **No emisiones**. - Confort. - **Velocidad Comercial.** - Progreso Mínimo.	- **Costos de Capital.** - **Costos de Operación.**
Tren Ligero LRT	- **Capacidad Máxima**. - **No emisiones**. - Confort. - **Velocidad Comercial.** - Progreso Mínimo.	- **Costos de Capital**. - **Costos de Operación**.
APM	- **Capacidad Máxima** - **No emisiones**. - Confort. - Menor ocupación del suelo. - Bajo ruido. - **Velocidad comercial** - Bajo costo de implementación. - Bajo costo operativo.	- **Costos de Capital**. - **Costos de Operación**. - Mayor impacto visual - **Accesibilidad**
Metro Convencional	- **Capacidad Máxima**. - **No emisiones**. - Confort. - **Velocidad Comercial.** - Progreso Mínimo.	- **Costos de Capital**. - **Costos de Operación**. - **Accesibilidad**
Tren de Cercanías	- **Capacidad Máxima**. - **No emisiones**. - Confort. - **Velocidad Comercial.** - Progreso Mínimo.	- **Costos de Capital**. - **Costos de Operación**. - **Accesibilidad**

Fuente: Elaboración Propia

20. SISTEMAS FÉRROVIARIOS EN CIUDADES LATINOAMERICANAS

En América Latina, los sistemas ferroviarios como solución urbana, se implementaron desde el Siglo XX, contando con el Subte de Buenos Aires como la primera experiencia. 56 años después recién se construyó la primera línea del Metro de Ciudad de México, que hasta la fecha se ha venido ampliando hasta ser el segundo sistema ferroviario más amplio de la región, contando con más de 226 km de extensión y 12 lineas operando.

Brasil es el país con más sistemas ferroviarios construidos, desde el metro de Sao Paulo (que inició operaciones en el año 1974), se implementaron metros en las ciudades de Rio de Janeiro, Porto Alegre, Recife, Belo Horizonte, Brasilia, Fortaleza y Salvador de Bahía. El caso de Sao Paulo de Sao Paulo es particular, ya que si se cuenta sólo su sistema de metro, este tiene una longitud de 104,4 km, con 6 lineas y 91 estaciones), sin embargo; si consideramos el sistema ferroviario completo, contemplando sus diferentes modalidades de tranvias y metros, la longitud total sube a 377 km, 13 estaciones y 187 estaciones, lo cual lo convierten en el mayor sistema ferroviario de América Latina.

Uno de las principales experiencias ferroviarias latinoamericanas es el Metro de Santiago de Chile, el cual se inauguró en el año 1975, contando en la actualidad, con 7 lineas, 139 estaciones y una longitud de aprox. 144 km. Este sistema, se viene ampliando regularmente y su administración es digna de destacar, por su eficiencia y protocolos de mantenimiento de excelencia. Estas buenas prácticas gerenciales, han permitido que el Metro de Santiago asuma la secretaría general de la Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos (ALAMYS).

En Venezuela, existen 3 sistemas ferroviarios construidos. El primero fue el Metro de Caracas, que a su vez fue el sexto en ser inaugurado en América Latina. Las otras ciudades venezolanas con sistemas férreos son Maracaibo y Valencia, que desde el 2006 tienen servicios en operación.

En Centroamérica y el Caribe, existen 3 sistemas implementados: i) Tren Urbano de San Juan (2005); ii) Metro de Santo Domingo (2009); y iii) Metro de Panamá (2014).

En México, al margen del sistema capitalino, la ciudad de Guadalajara construyó el Tren Eléctrico en 1989, el cual tiene 3 lineas, 48 estaciones y la longitud de 47,6 km. En Monterrey se inauguró el Metrorrey en 1991, que es un sistema que cuenta con 3 lineas, 40 estaciones y una extensión de 39,3 km.

En los países andinos, se implementaron 6 sistemas: i) El Metro de Medellín[26] inició operaciones en 1995; ii) El Metro de Lima inició operaciones el 2011; iii) El 2020 se inauguró el Tranvía de Cuenca; iv) El 2016, se inauguró el Tranvía de Medellín, también conocido como el Tranvía de Ayacucho; v) El

[26] El Metro de Medellín es parte del Sistema Integrado de Transporte Masivo del Valle del Aburrá, uno de los sistemas insignia de América Latina, ejemplo internacional de complementariedad entre modos de transporte.

Metro de Quito se inauguró el 2022; y vi) El Tren Metropolitano de Cochabamba comenzó a operar en el 2022. Estos dos últimos servicios son los más recientes de la región.

Se debe notar que la mayoría de los servicios ferroviarios de América Latina son metros, sin embargo, también se han desarrollado tranvías a nivel, ya sea como soluciones únicas (e.g. Tranvía de Cuenca) o como parte de un SIT (e.g. Tranvía de Ayacucho en Medellín).

Cuadro No 59 Sistemas ferroviarios en ciudades de América Latina

Nombre del sistema	Ciudad	País	Longitud del sistema (km)	Número de estaciones	Número de líneas	Año de implementación (desde su primera línea)
Subte de Buenos Aires	Buenos Aires	Argentina	70,5	90	6	1913
Metro de Ciudad de México	Ciudad de México	México	226,5	195	12	1969
Metro de Sao Paulo	Sao Paulo	Brasil	377	187	13	1974
Metro de Santiago	Santiago	Chile	143,8	139	7	1975
Metro de Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Brasil	58	22	3	1979
Metro de Caracas	Caracas	Venezuela	67,2	52	5	1983
Metro de Porto Alegre	Porto Alegre	Brasil	43,8	22	1	1985
Metro de Recife	Recife	Brasil	39,5	28	3	1985
Metro de Belo Horizonte	Belo Horizonte	Brasil	28,1	20	1	1986
Tren Eléctrico de Guadalajara	Guadalajara	México	47,6	48	3	1989
Metrorrey	Monterrey	México	39,3	40	3	1991
Metro de Medellín	Medellín	Colombia	31,3	27	2	1995
Metro de Brasilia	Brasilia	Brasil	42,4	27	2	2001
Tren Urbano de San Juan	San Juan	Puerto Rico	17,2	16	1	2005
Metro de Maracaibo	Maracaibo	Venezuela	6,5	6	1	2006

Metro de Valencia	Valencia	Venezuela	6,2	9	1	2006
Metro de Santo Domingo	Santo Domingo	República Dominicana	31	34	2	2009
Metro de Lima	Lima	Perú	34,6	26	1	2011
Metro de Fortaleza	Fortaleza	Brasil	43	41	3	2012
Metro de Salvador	Salvador	Brasil	32,5	19	2	2014
Metro de Panamá	Ciudad de Panamá	Panamá	36,8	29	2	2014
Tranvía de Medellín	Medellín	Colombia	4,3	9	1	2016
Tranvía de Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Brasil	28	42	3	2016
Tranvía de Cuenca	Cuenca	Ecuador	10,7	27	1	2020
Metro de Quito	Quito	Ecuador	22,6	15	1	2022
Tren Metropolitano de Cochabamba	Cochabamba	Bolivia	32,3	29	2	2022

Fuente: Elaboración propia

Sin perjuicio de la lista anteriormente presentada, se conoce que existen nuevos sistemas a implementarse en América Latina. Tal es el caso del Tranvía de Arequipa en Perú y el Metro de Bogotá, que se encuentra en pleno proceso de construcción. En la misma fase, pero con mayores avances, se encuentra la Línea 2 de Metro de Lima, que a diferencia de la Linea 1, será integralmente subterránea.

21. SISTEMAS FÉRROVIARIOS EN CIUDADES BOLIVIANAS

Los sistemas ferroviarios de nuestro país surgieron en la época republicana. Las ciudades de La Paz, Cochabamba y Oruro tuvieron tranvías posteriormente las ciudades de Sucre y Potosí también contaron con servicios ferroviarios. En los ámbitos urbanos, los tranvías fueron desinstalaron dando paso a los automóviles. Algunos de los testigos más relevantes del esplendor de la época de los ferrocarriles en nuestras ciudades son la Estación Central de La Paz y la Estación ferroviaria de Sucre. En el caso de la primera esta se ha restaurado y alberga al sistema de teleféricos entre La Paz y El Alto. En el segundo, se trata de una infraestructura en desuso.

Figura No 189 Estación Central de La Paz

Fuente: La Razón

En el presente siglo, se promovió la vuelta al uso de los sistemas ferroviarios en algunos departamentos y al proyecto del Corredor Ferroviario Bioceánico de Integración[27].

En la gestión 2010, el vigente Plan Nacional de Desarrollo identificaba como proyectos prioritarios a los siguientes:

[27] El nombre original del proyecto es "Corredor Ferroviario Bioceánico de Integración". Se trata de conectar los puertos del Atlántico y del Pacífico por medio de un corredor férreo de transporte de carga, que cruce por territorio boliviano. A la fecha, el proyecto que cuenta con estudios de prefactibilidad, no ha logrado grandes avances en los comités técnicos y políticos creados para tal fin, con la participación de Perú, Brasil y Bolivia.

- Rehabilitación y Ampliación del Tren Urbano Cochabamba – Quillacollo – Vinto
- Rehabilitación del Tren Urbano Santa Cruz – Warnes – Montero

En aquella época se conocían a dichos proyectos, como los denominados “trenes urbanos”. Es así que cumpliendo con el Reglamento Básico de Preinversión vigente, el Viceministerio de Transporte con el financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, encaró la licitación para la elaboración de los estudios TESA para ambos proyectos. En el caso del tren urbano de Santa Cruz, la empresa elaboradora del estudio TESA, fue de origen nacional y en el caso del tren urbano de Cochabamba, la empresa ganadora de la licitación fue un consorcio peruano-boliviano.

En lo referido al tren urbano de Cochabamba, el estudio TESA respectivo sirvió de base para que la Unidad Técnica de Ferrocarriles, tomando como referencia lo avanzado por el proyecto del sistema de transporte por cable entre La Paz y El Alto, también avanzara con la adjudicación de un proyecto “llave en mano” para el denominado Tren Metropolitano de Cochabamba”. Dicho proyecto es a la fecha, el único sistema ferroviario urbano de Bolivia, el cual se lo describe en el siguiente apartado.

21.1. Tren Metropolitano de Cochabamba

Como se mencionó con anterioridad, el origen del Tren Metropolitano de Cochabamba es el Estudio TESA para la Rehabilitación y Ampliación del Tren Urbano Cochabamba – Quillacollo – Vinto. Sin embargo, el proyecto final se definió en fases. La Primera Etapa ampliaba lo establecido en el referido estudio, e incluía a los siguientes municipios: Sacaba, Cercado, Quillacollo, Colcapirhua, Vinto y Sipe Sipe. Es decir, a 6 de los 7 municipios de la Región Metropolitana Kanata.

El proyecto incorporó lo establecido en el PDES, el cual está constituido por las metas que responden a los trece pilares establecidos en la Agenda Patriótica 2025. De acuerdo con el segundo pilar “Socialización y universalización de los servicios Básicos para Vivir Bien”, logrando que todos los servicios básicos, sean de acceso para todos los bolivianos, comprendiendo dentro de dichos servicios, al transporte.

Es así que mediante Decreto Supremo N° 2513 de 9 de septiembre de 2015, se declaró de interés del nivel central del Estado la ejecución del Proyecto “Tren Metropolitano de Cochabamba” y se autorizó al Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda la contratación directa de obras, bienes y servicios para la ejecución del Proyecto señalado, con el mencionado proyecto se pretende conectar “Sipe Sipe – Vinto – Quillacollo – Colcapirhua – Cercado y Sacaba” con una vía aproximada de 42,17 kilómetros de longitud.

El consorcio ganador para la implementación del proyecto fue la Asociación Accidental Tunari (AAT), conformada por la empresa Molinari Rail de Suiza y la empresa Joca [28]de España.

En su Primera Etapa, la intención era que el Tren Metropolitano de Cochabamba, esté conformado por las siguientes tres líneas:

Figura No 190 Trazado Tren Metropolitano (Etapa 1)

Fuente: AAT

- La **Línea Roja** parte de la Estación Central San Antonio y se desarrolla sobre la Av. Petrolera que va hacia la población de Arani, hasta el sector de la Facultad de Agronomía del a UMSS, con una longitud aproximada de 5,2 km.

- La **Línea Amarilla** que inicia en la Estación Central San Antonio y se desarrolla por la antigua vía del tren Cochabamba – Vinto hasta cercanías al rio Rocha, a partir de ahí a un costado del río Rocha, hasta llegar al sector de “el Castillo”, en Sacaba; la longitud aproximada es de 9,8 Km.

- La **Línea Verde** que nace de la Estación Central San Antonio y se desarrolla sobre la vía existente del antiguo tren Oruro - Cochabamba hasta el municipio de Sipe Sipe, con un recorrido de 27,1 km aproximadamente.

[28] En la actualidad JOCA ha sido absorbida por el grupo español URBAS.

Características técnicas:

El Tren Metropolitano de Cochabamba tiene las siguientes características técnicas:

- Trocha utilizada: Trocha estándar (1.435 mt.)
- Via en placa
- Utiliza 12 trenes eléctricos Stadler modelo Metelitsa de fabricación bielorrusa.
- La capacidad por tren es de 376 pasajeros en sus 3 cuerpos de convoy

Figura No 191 Trazado Tren Metropolitano (Etapa 1)

Fuente: UTF

Segunda etapa:

Se prevé una ampliación de 45 km, que considera alcanzar a poblaciones como Tiquipaya, Chiñata y Uspa Uspa. De esta manera, habrá logrado que la cobertura llegue a los 7 municipios.

A la fecha, el Tren Metropolitano de Cochabamba ha sido implementado parcialmente, al contar con la Línea Roja y la Línea Verde[29] construidas. La Línea Amarilla no se implementó por no haberse podido definir el trazo final, el cual en un momento dado tuvo 8 variantes del alineamiento.

21.1.1. Características técnicas y otras consideraciones

El proyecto ha contado con una amplia variedad de detractores, que cuestionan su lentitud y que su capacidad se encuentra subutilizada. Por otra parte, la creciente accidentalidad y el hecho de que incluso se ha tenido que sufrir robos de cables, hace que el tema de la apropiación y generar sentido de pertenencia se vea dificultosa.

Sin embargo, uno de los problemas más significativos es que su integración con otros modos de transporte de la Región Metropolitana de Kanata no se está dando. Si entendemos como integración a aquella conformada por tres etapas: a) Integración Física; b) Integración Operativa; y c) Integración Tarifaria. Es seguro afirmar que ninguna de estas etapas se ha cumplido.

Sin perjuicio de todo ello, es importante afirmar que todos aquellos factores se pueden corregir. Aplicando las siguientes medidas:

- Se necesita vincular la Línea Roja con la Línea Verde. Ello sólo se podrá dar si la Línea Amarilla finalmente se logra construir.
- Se debe estudiar la manera en la cual se debe lograr articular un Sistema Integrado de Transporte en la Región Metropolitana de Kanata, en la que el Tren Metropolitano de Cochabamba sea un eslabón relevante, al que se debe alimentar con modos de transporte de menor capacidad, pero mayor flexibilidad. Para ello se debe velar por mejorar la seguridad vial y evitar los conflictos de tráfico en los cruces a nivel.
- Se debe desarrollar una estrategia comunicacional integral, con el fin de fomentar la cultura cívica ciudadana y lograr la aprobación del proyecto por parte de la población.

[29] La línea Verde se inauguró parcialmente y recién 14 meses desde su inauguración, está cerca a completar su operación hasta la estación de Suticollo, en el municìpio de Sipe Sipe.

22. LOS FACTORES GEOGRÁFICOS Y FÍSICOS EN RELACIÓN A LOS SISTEMAS FERROVIARIOS

Para la implementación de un ferrocarril, se requieren de diferentes subsistemas. Uno de los principales es el tema de la infraestructura. La decisión de que trocha se utilizará es central para un ferrocarril, en base a ella y al material rodante a utilizar, se definirá la infraestructura específica que se requiera. Los diferentes componentes que requiere un ferrocarril, se pueden definir como sistemas, los principales son: a) Subsistema Infraestructura; b) Subsistema Energía; y c) Subsistema de control, mando y señalización.

22.1. Subsistema Infraestructura

El subsistema de infraestructura ferroviaria está compuesto por: Túneles, viaductos y obras de tierra (terraplenes y trincheras).

Figura No 192 Túneles y viaductos ferroviarios

Fuente: Renfe

La Superestructura ferroviaria está conformada por: Carril, balasto, traviesa, vía en placa, sujeciones, y aparatos.

Figura No 193 Túneles y viaductos ferroviarios

Fuente: Renfe

22.2. Subsistema Energía

Aunque tradicionalmente han existido ferrocarriles con tracción diésel y eléctrica, en la actualidad los nuevos sistemas metropolitanos se diseñan para tracción eléctrica. Las tensiones de alimentación habituales son 750, 1.500 o 3.000 voltios en corriente continua, y 15 o 25 kV en corriente alterna.

El subsistema energía para el funcionamiento de los sistemas ferroviarios, está compuesto por:

- **Subestaciones de tracción:** Cuyo fin es transformar la energía eléctrica de la red de distribución de alta tensión a las condiciones eléctricas requeridas por el sistema ferroviario.

Figura No 194 Subsistema de energía

Fuente: Google images

- **Distribución de energía de tracción:** Distribuye la energía para ser entregada a las unidades de material móvil. Básicamente hay dos tipos: línea aérea de contacto y catenaria rígida.

Figura No 195 Subsistema de energía

Fuente: Google images

22.3. Subsistema de control, mando y señalización

El subsistema control, mando y señalización está compuesto por:

Puesto de mando: ubicación desde la que uno o varios operadores de circulación pueden gestionar el tráfico ferroviario de un conjunto de líneas. Modernamente se utiliza un sistema de Control de Tráfico Centralizado (CTC).

Bloqueo: procedimientos y dispositivos que gobiernan el conjunto de restricciones que se aplican a la marcha de los trenes, manteniendo entre ellos la distancia necesaria para impedir alcances y colisiones.

Enclavamiento de rutas: procedimientos y dispositivos para garantizar que una vez establecida la ruta de un tren conforme al programa de explotación, su recorrido quede asegurado, impidiendo todo movimiento incompatible.

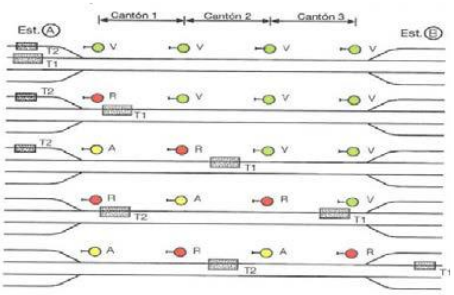
Estos elementos están constituidos por una serie de sistemas:

- Sistema de control de instalaciones exteriores
- Sistema de detección de posición de tren
- Sistemas de señalización asociados a desvíos
- Sistemas de señalización luminosa
- Sistemas de ayuda a la conducción

- Protección de pasos a nivel (en su caso)
- Sistemas de telemando de instalaciones

Todos los sistemas descansan en un sistema de comunicaciones entre puntos fijos y entre fijos y móviles (tren-tierra).

Figura No 196 Subsistema de energía



Fuente: Google images

22.4. Factores geográficos y físicos

El transporte ferroviario es un modo de transporte guiado que depende enteramente de la vía férrea. Las pendientes de la misma deben ser mínimas, entre 2,5% y 4%, y en casos muy extremos cuando se trata de tranvías con cremallera, la pendiente máxima es de 7%.

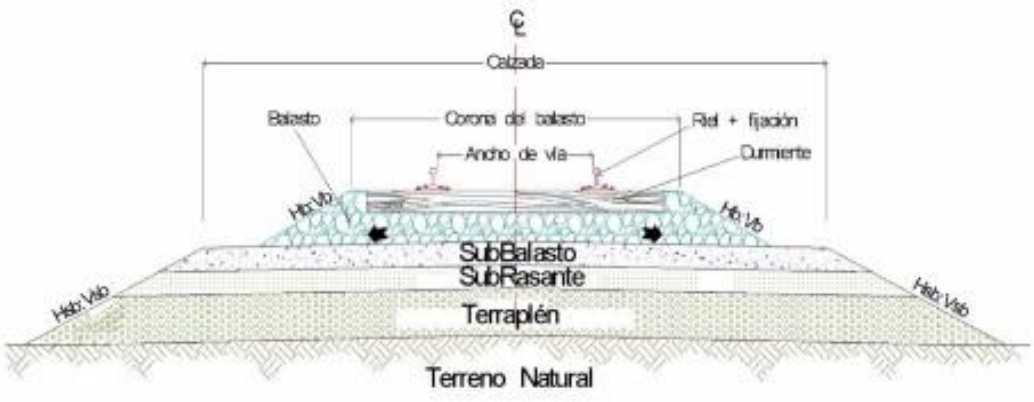
Los factores físicos afectan directamente a la configuración y a la seguridad operacional ferroviaria, es por ello que en la fase de construcción, la precisión es muy diferente a la construcción de carreteras. En las vías férreas la precisión se mide en milímetros, con el fin de evitar que cualquier mala ejecución constructiva ponga en riesgo a la operación ferroviaria.

Los componentes elementales de la vía férrea son los que se mencionan en el apartado a continuación.

22.4.1. Configuración general de la vía férrea

Se describe a una via férrea por su superestructura, la cual es un armazón formado por rieles, su unión, los durmientes, y la fijación riel-durmiente, que se apoya sobre un lecho con cierto grado de elasticidad, constituido por el balasto; todo esto descansa a su vez, en una superestructura, que consta del subbalasto, subrasante y terraplén.

Figura No 197 Sección transversal de energía de vía férrea en terraplén



Fuente: Ingeniería en Vías Férreas, Guerrero, 2010

La figura anterior muestra como el riel se apoya en el durmiente y este se encuentra asentado en la capa de balasto. La zona de contacto entre el balasto y el subbalasto es la frontera entre la superestructura y la subestructura, debe tener cierta inclinación para evacuar el agua de lluvia hacia las cuentas de desague o el talud, para dirigirlas fuera de la calzada.

Cuando una via férrea este conformada por doble via, se define como entrevía la distancia que existe entre ejes de cada vía férrea. La magnitud necesaria para la entrevia está determinada, en primer término por el gálibo del material rodante (locomotoras, vagones con carga, carros de pasajeros, etc) pero a medida de que las velocidades sobre la vía sean mayores, pueden llegar a 5 mts.

23. DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ

La oferta de energía del Departamento de Santa Cruz es parte del Sistema Interconectado Nacional (SIN). El SIN se compone de diferentes fuentes y tipos de energía, como se muestra en el gráfico que sigue.

Figura No 198 Sistema Interconectado Nacional

Fuente: Ministerio de Hidrocarburos y Energías

Bolivia dispone de 3.007,9 km de líneas del Sistema Troncal Interconectado (STI) y de 1.384,8 MW de capacidad de generación en el SIN y 179,4 MW en Sistemas Aislados. La demanda máxima histórica registrada en el SIN fue de 751 MW en noviembre de 2022, en la Región Metropolitana de Santa Cruz, que es a su vez más de la mitad de la demanda eléctrica de Bolivia.

La demanda del SIN está compuesta por consumidores regulados, atendidos por las empresas de distribución y por consumidores no regulados (Empresa Metalúrgica Vinto, Coboce, Empresa Minera Inti Raymi y Empresa Minera San Cristóbal), quienes se abastecen a través de la compra de energía del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). El consumo de electricidad en el país se caracteriza por ser principalmente residencial, este segmento demandó el 37% de la energía requerida del total.

La matriz de energía eléctrica en Bolivia está constituida por el 68,6% en generación térmica (GN y diesel), el 30,1% generación hidroeléctrica y 1,3% generación con energías alternativas (biomasa). Durante el 2012 la capacidad térmica fue de 908,7 MW (a temperatura máxima probable), mientras que la capacidad hidroeléctrica alcanzó los 476,1 MW, haciendo un total de 1.384,8 MW.

El Sistema Troncal de Interconexión (STI) integra el SIN, llevando la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas hasta los puntos de consumo; para ello el STI cuenta con 3.007,9 km de líneas de transmisión eléctrica (y 40 subestaciones asociadas), de las cuales 1.545,2 km de líneas operan en 230 kV, 1.350,6 km en 115 kV y 112,1 km de líneas en 69 kV, abasteciendo de energía eléctrica a siete de los nueve departamentos del país, con una cobertura amplia especialmente en el eje central del país: La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. Los excedentes se exportan a los países vecinos, en especial a Argentina[30].

Durante el 2022 la demanda de energía eléctrica en el SIN alcanzó los 6.604,3 GWh3, estando distribuida principalmente en los departamentos del eje troncal (Santa Cruz, La Paz y Cochabamba) con el 76,5% y una participación del 7,01% de los consumidores no regulados. En el caso de Santa Cruz, se cuentan con infraestructuras de gran envergadura, entre las que se encuentra la Planta Termoeléctrica localizada en el municipio de Warnes.

23.1. Planta Termoeléctrica de Warnes

La Planta Termoeléctrica de Warnes tiene 4 bloques de generación bajo la configuración 2x1 (2 TG SGT-800 y 1 TV SST-400) cada uno con una capacidad nominal de 40 MW. Cuenta con una subestación eléctrica con 13 transformadores de 50 MVA de potencia cada uno y con un gasoducto para suministro de gas a la planta.

[30] En el mes de marzo de 2023 se inició la exportación de 60 MW.

Figura No 199 Termoeléctrica de Warnes

Fuente: ENDE

23.2. Requerimiento de energía para proyectos ferroviarios

Dada la condición del país de ser un exportador de energía y de contar con el SIN que permite servir los requerimientos de energía de diferentes industrias, entre los cuales están el Teleférico entre La Paz y El Alto y el Tren Metropolitano de Cochabamba, hacen que se puedan planificar grandes proyectos de envergadura alimentados por energía eléctrica.

El proyecto multidepartamental más grande es el Corredor Ferroviario Bioceánico de Integración, el cual en sus 1600 km. demandaría 3200 kWh, algo que el SIN estaría en condiciones de aportar.

Por su parte, el proyecto del Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y la conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru, en sus 92 km de longitud, y a una velocidad promedio de 60 km/h, demandaría 2280 kW/h. En el caso del sistema férreo de cercanías de la región metropolitana, el requerimiento idéntico de energía eléctrica por hora.

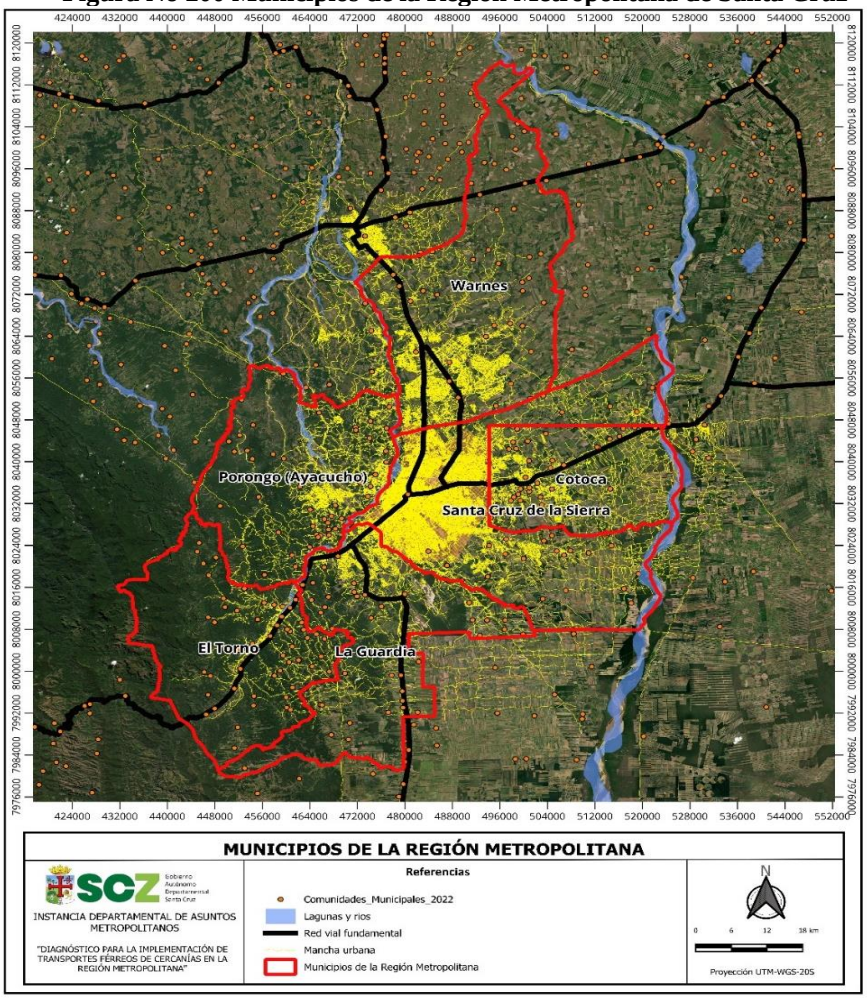
En función a ello, es claro sostener que capacidad de generación y oferta energía eléctrica que tiene el país es suficiente para que se implementen grandes proyectos eléctricos ferroviarios.

SECCIÓN 6 – ANÁLISIS INTEGRAL DEL SISTEMA DE CENTROS URBANOS DE LA RMSCZ A SER VINCULADOS POR EL TRANSPORTE FÉRREO

24. MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ

La Ley Departamental. N°187 establece que los municipios que conforman la región metropolitana de Santa Cruz son: Santa Cruz de la Sierra, Warnes, Porongo, Cotoca, La Guardia y El Torno. A continuación, se presenta la ubicación de los municipios mencionados:

Figura No 200 Municipios de la Región Metropolitana de Santa Cruz

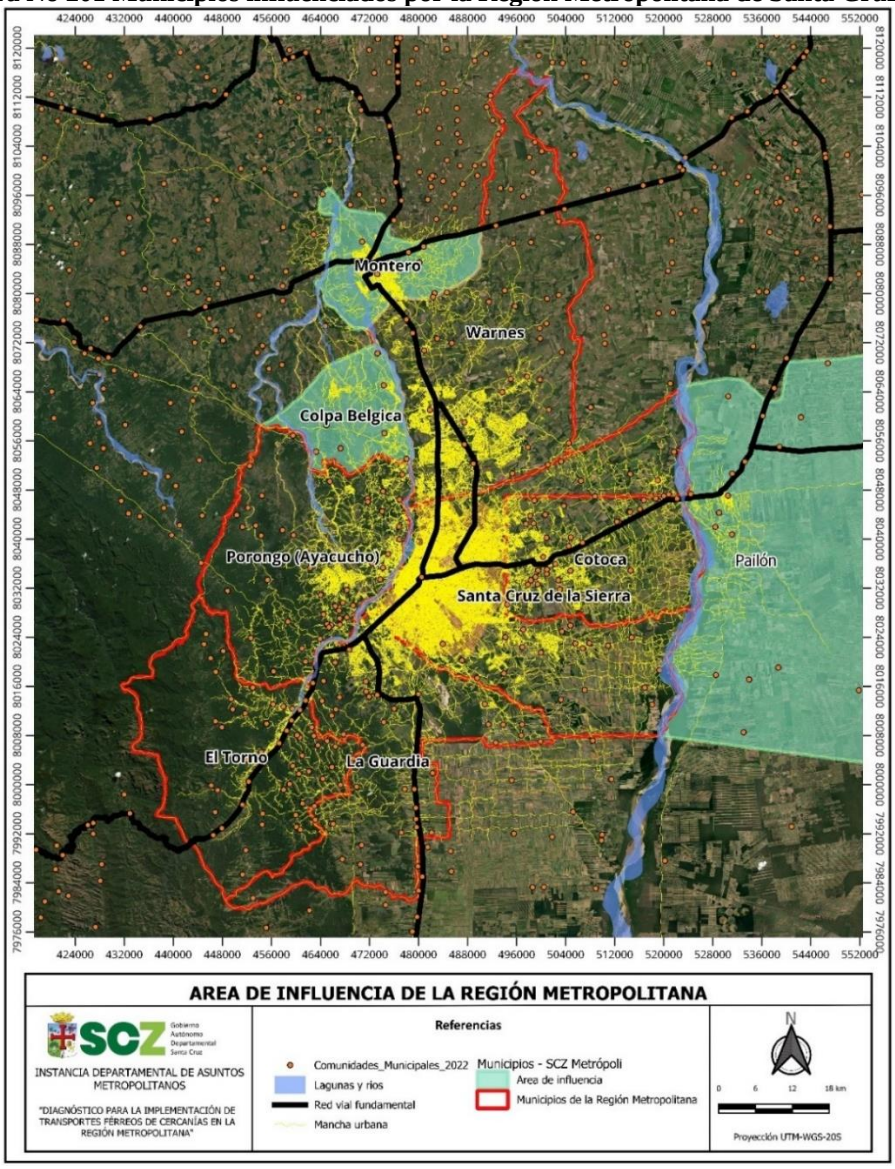


Fuente: Elaboración propia

25. ÁREA DE INFLUENCIA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ

La Región Metropolitana legalmente establecida mediante la Ley Departamental N°187 con seis municipios, ha experimentado en los últimos años una importante influencia sobre los municipios vecinos, entre ellos se encuentran los municipios de Montero, Colpa Bélgica y Pailón.

Figura No 201 Municipios influenciados por la Región Metropolitana de Santa Cruz

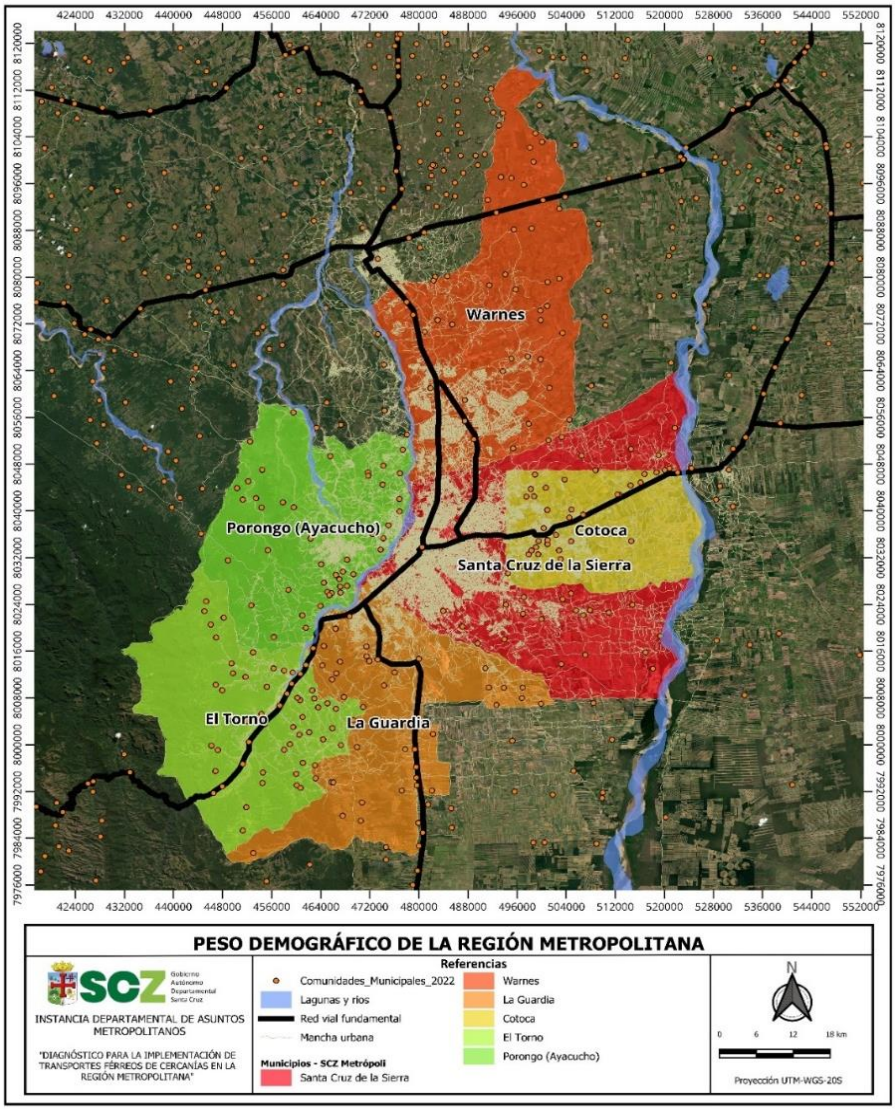


Fuente: Elaboración propia

26. PESO DEMOGRÁFICO DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ

De acuerdo con el conteo poblacional del ICE 2023, la Región Metropolitana cuenta con 2.811.335 habitantes, distribuidos de la siguiente manera: a) Santa Cruz de la Sierra: 2.251.627 hab.; b) Warnes: 190.298 hab.; c) La Guardia: 165.726 hab.; d) Cotoca: 112.749 hab.; e) El Torno: 67.091 hab.; y f) Porongo: 23.844 hab.

Figura No 202 Peso demográfico de la Región Metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia

27. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS DE LOS MUNICIPIOS CONFORMANTES DE LA REGIÓN METROPOLITANA

A continuación, se presentan las vocaciones económicas de los municipios conformantes de la Región Metropolitana de Santa Cruz (seis de acuerdo con la Ley N°187 y su área de influencia de Montero, Colpa Bélgica y Pailón):

27.1. Características económicas del municipio de Santa Cruz de la Sierra

Cuadro No 60 Características económicas del municipio de Santa Cruz de la Sierra

Municipio	Características económicas
Santa Cruz de la Sierra	En base a los datos proporcionado por el INE, se identifica que el municipio **tiene una caracterización marcada hacia el sector terciario** es decir a los servicios, mientras que el secundario que es la transformación de los recursos naturales solo significa el 13%, y por último el sector primario con un 3,8% explicado por la poca vocación a la agricultura, minería e hidrocarburos que se observa en el Municipio. Las actividades económicas más importantes del municipio son la **manufactura con el 95%** y el **turismo con el 4,27%,** es decir principalmente el sector terciario, es importante mencionar que la actividad agrícola no es representativa en la economía del municipio, a diferencia del departamento donde la actividad agrícola es uno de los mayores aportes al PIB departamental. El **sector manufacturero** es el sector más importante en el municipio representando el 95% de la producción según el valor bruto de producción. Este se desagrega en diferentes actividades entre las que destacan los productos cárnicos, la refinación de petróleo y bebidas no alcohólicas que representan el 30% de las actividades del sector manufacturero. El **sector agrícola** si bien es un sector primordial a nivel departamental, para el municipio no representa uno de los sectores con mayor valor de producción bruta. **Las unidades económicas en el municipio representan el 98,28%** de las actividades que se realizan, a diferencia de las unidades productivas agropecuarias que son el 1,72% del total de unidades que realizan actividades económicas. En conclusión, la economía del municipio está conformada por unidades económicas que no están vinculadas a la agricultura. La **categoría ocupacional** para el municipio de Santa Cruz de la Sierra está principalmente estructurada por los trabajadores de servicios y vendedores representando el 28,5%, los trabajadores de la construcción, industria manufacturera y otros oficios representando el 22,8%, finalmente los trabajadores agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros siendo esta categoría ocupacional la que menos representación en el municipio tiene, además de mencionar que el otro 46,7% son los otros grupos ocupacionales y que al ser tan diversos no se los puede clasificar por si solos en una categoría.

	En conclusión, los datos nos muestran que principalmente en el municipio se **tiene una fuerte vocación de servicios e industria y no así un porcentaje alto del sector agrícola, pecuario, forestal y pesquero** como lo es a nivel departamental

Fuente: PTDI GAM Santa Cruz de la Sierra 2021-2025

27.2. Características económicas del municipio de Warnes

Cuadro No 61 Características económicas del municipio de Warnes

Municipio	Características económicas
Warnes	Warnes tienen una vocación fuertemente ligada al desarrollo industrial logístico, de transporte y de servicios. Además de tener vocación agroindustrial y ganadera como primarias, pero como emergentes potenciar la vocación de logística de transporte y de servicios (HUB VIRU VIRU). Asimismo, se identificó que la mayor cantidad (32,9%) de actividades económicas corresponden a las tiendas, kioscos, tiendas y centros comerciales haciendo un total de 371 unidades económicas. En segundo lugar (con el 10,9%) las actividades económicas que se dedican a la preparación de alimentos en restaurantes, pensiones, cafeterías, etc. Significan un total de 123 negocios en este rubro. Según el registro de actividades económicas, de la Unidad de Tasas y patentes municipales en la gestión existen 1.128 actividades económicas que tributan en el municipio de Warnes, los cuales fueron agrupados en 22 áreas según el servicio que brindan: 1. Servicios médicos 2. Servicios básicos 3. Servicio y oferta de productos 4. Servicios de alimentos 5. Servicios de belleza 6. Servicios digitales y comercialización de tecnologías 7. Servicios habitacionales y de construcción 8. Servicios aeroportuarios 9. Servicios industriales y agroindustriales 10. Servicios de entrenamiento y deportes 11. Servicios de hospedaje 12. Servicios de insumo mecánicos y comercialización de vehículos 13. Servicios profesionales 14. Servicios de transporte 15. Servicios educativos 16. Servicios de caminos 17. Servicios de entretenimiento

	18. Servicios financieros y bancarios 19. Servicios de envíos 20. Estación de servicios de combustibles 21. Servicios de delivery 22. Servicios sociales

Fuente: PTDI GAM Warnes 2021-2025)

27.3. Características económicas del municipio de Porongo

Cuadro No 62 Características económicas del municipio de Porongo

Municipio	Características económicas
Porongo	**Categoría Ocupacional** Según el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2012, en el municipio de Porongo, el 41,6 % de la población son trabajadores por cuenta propia, el 49,9 % son trabajadores asalariados y el 8,6 %, indica otras categorías ocupacionales. **Grupo ocupacional** En el municipio de Porongo, en el año 2012, según grupo ocupacional, el 36,4 % de la población en edad de trabajar se clasifica como trabajadores agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros; el 12,9 % en trabajadores de los servicios y ventas; el 14,2 % como trabajadores de la construcción, industria manufacturera y otros oficios; y, por último, el 36,5 % en otros grupos ocupacionales. **Sector Económico (primario, secundario, terciario)** Los sistemas productivos existen en el municipio de Porongo son los siguientes: • Sector primario, el 42,8% de la población se dedica al sector primario caracterizado por los trabajadores agrícolas, pecuarios y extracción. • Agricultura: Frutícola, hortalizas. • Ganadería: Ganado bovino, ovino. • Recolección: Asaí, Majo. • Minería: Extracción de no metálicos: Arena y grava. **Economía plural** Las principales actividades productivas desarrolladas por la población que aglutinan mayor cantidad de personas son la agricultura, ganadería, otros servicios, comercio, pesca, caza de animales, construcción, transporte, entre otros correlativamente según el grado de importancia de percepción de la población, las familias también desarrollan algunas otras actividades como industria manufacturera y extracción de agregados. **Desarrollo de actividades agrícolas** La actividad agrícola, ocupa uno de los primeros lugares de importancia económica, porque además de cubrir la seguridad alimentaria de las familias, se obtienen ingresos económicos por la venta de los productos, esta actividad se la realiza en forma tradicional.

	Entre los principales cultivos destaca el maíz, arroz, yuca, fríjol, para el autoconsumo y bananos, caña, frutales (achachairú, mandarina, naranja, limón, ocororó) donde obtienen pequeños ingresos económicos. A continuación, se detalla la producción de Porongo. Los principales productos agrícolas en función a la superficie de producción a gran escala son las frutas (1.248,5 ha), cítricos (440,2 ha) y maíz (536,8 ha), por debajo de ellas están la producción de yuca y achachairú. Todos ellos destinados para la venta en el mercado de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Fuente: PTDI GAM Porongo 2021-2025)

27.4. Características económicas del municipio de Cotoca

Cuadro No 63 Características económicas del municipio de Cotoca

Municipio	Características económicas
Cotoca	**características ocupacionales del Municipio de COTOCA** • Variable Situación del empleo; la mayor cantidad porcentual está en el grupo de trabajador asalariado, un poco más de la mitad de la población con empleo es asalariada; en segundo lugar, esta los trabajadores por cuenta propia, casi ocupa la otra mitad de los empleos, aspecto que significa que este otro grupo pertenece a la parte informal. • La variable grupo ocupacional; prevalece la actividad de los servicios y vendedores, es decir, que la población se ubica en actividades no asalariadas. Otros grupos ocupacionales refiere principalmente al tema informal. • La variable del sector económico, la actividad con mayor prevalencia se ubica en sector terciario, que corresponde al tema de servicios principalmente. Sector Económico (primario, secundario, terciario) <u>El Sector Primario</u> • Agrícola: La actividad se define con la producción de cereales industriales, también se tiene la producción de soya, sorgo, maíz y caña de azúcar. • Pecuaria: La actividad pecuaria identificado con la producción de ganado bovino y avícola principalmente, es la más importante por la cantidad de producción y el mercado al cual destinan los productos. <u>El Sector Secundario</u> La economía en este grupo alcanza un buen porcentaje, relacionado precisamente con actividades de transformación de empresas industriales, como la producción de aceite y otras actividades de tipo artesanal como las jaleas de leche, dulces y miel transformada en productos variados <u>El Sector Terciario</u> Las actividades que pertenecen al sector terciario están concentradas principalmente en el área urbana del Municipio en referencia a la visita turística y de feligreses respecto a la visita de Virgen de Cotoca. Para este caso se ofertan

	servicios públicos de salud y educación; servicios de comercio y abarrotes (tiendas); servicio de hospedaje (Turismo), Servicio de alimentación y servicios de transporte; servicios financieros y la administración pública (Alcaldía). **Unidad económica pequeña escala** El 58% de las unidades económicas de pequeña escala se dedicaron al sector productivo; entre los que destacan: la industria manufacturera (fabricación de productos de madera, fabricación de prendas de vestir y elaboración de productos alimenticios), el sector turismo se dedicó a servicios de transporte, hoteles y restaurantes, finalmente en la actividad agropecuaria (cultivo de trigo, arroz, maíz, cañahua, soya, girasol crianza de aves de corral y ganado vacuno).

Fuente: PTDI GAM Cotoca 2021-2025)

27.5. Características económicas del municipio de El Torno

Cuadro No 64 Características económicas del municipio de El Torno

Municipio	Características económicas
El Torno	**Actividad económica** • 35,6% Primario (producción de materia prima) • 9,2% Secundario (transformación e industria de materia prima) • 55,2% Terciario (servicios, comercio y distribución) En el Municipio de El Torno se sostiene sobre la base de dos pilares económicos, el sector terciario (servicios, comercio y distribución), donde los niveles de servicios son preponderantes para la economía que mueve el Municipio. Luego se ubica el sector primario en la producción agrícola principalmente. trabajo por cuenta propia es el mayor porcentaje por ser la población que genera su autoempleo, obteniendo sus ingresos propios a través, de actividades propias; asalariado es el segundo porcentaje y la otra categoría es muy pequeña. De ahí que el sector terciario ocupa el primer lugar, siendo los asalariados el segundo lugar, lo que nos permite establecer que la fuerza laboral en el municipio en 65,4% es de economía terciaria (servicios, comercio y distribución), el segmento de asalariados 31,9% viene a ser el porcentaje más formal, un bajo porcentaje de 2,7 % lo constituye actividades privadas que absorben la mano de obra calificada o servicios calificados a nivel técnico y profesional.

Fuente: PTDI GAM El Torno 2021-2025)

27.6. Características económicas del municipio de La Guardia

Cuadro No 65 Características económicas del municipio de La Guardia

Municipio	Características económicas
La Guardia	**Diversificación de las actividades económicas productivas** Con el fin de contribuir a la economía, diversos actores de la sociedad civil suelen organizarse para aunar esfuerzos y poder encarar diversos emprendimientos productivos, los cuales detallamos a continuación, para el caso del Municipio de La Guardia. **Desarrollo de actividades industriales, agroindustriales y manufactureras** La transformación o procesado de todo producto, ese esencial para darle mayor valor agregado y consecuentes mejores ingresos, pues de esta manera, se podrá lograr mejores efectos multiplicadores en la economía de las familias y de toda la región como tal. **Principales actividades** El reflejo de los diversos acontecimientos en el Municipio de La Guardia, durante los últimos años, se ha caracterizado por una notable ampliación de la pequeña industria ligada a la actividad agropecuaria, en concordancia con ello, las industrias de Cerveza, y Aceite Crisol, ocupan el primer lugar, seguido de los servicios y el comercio, mismos que generan importantes fuentes de empleo a la población, con mano de obra calificada y no calificada. Según el PDM de La Guardia 2015 – 2019, específicamente dentro padrón Municipal, se reporta que el Municipio cuenta con 22 industrias dedicadas a diferentes actividades, muchas de ellas emprendidas por esfuerzos familiares, catalogadas como pequeñas industrias, las cuales detallamos a continuación: • Alimenticias, siendo considerado este rubro muy importante en la transformación de la materia prima (derivados de la miel). • Artesanales, habiéndose desarrollado fruto de diversas manifestaciones de la región, generando ello empleo permanente y eventual en las diferentes actividades, como el tallado de madera, trabajos en barro, el tejido, costura, la repostería, la panadería, entre otros más. • Servicios, tales como chapería y pintura, muellería, remachado de balatas, soldadura en arco eléctrico y oxígeno.

Fuente: PTDI GAM La Guardia 2021-2025)

27.7. Características económicas del municipio de Montero

Cuadro No 66 Características económicas del municipio de Montero

<table>
<tr><th>Municipio</th><th>Características económicas</th></tr>
<tr><td>Montero</td><td>

Caracterización Económica

Según datos proporcionados por el INE la población con actividad económica en los sectores comercio, transporte y almacenes representa el 35.36%, en segundo lugar, está el sector de otros servicios es de 25.70% y en el sector de industria manufacturera es del 10.01%. Según la actividad económica se realiza una descripción de sus principales características, sistema de organización y nivel tecnológico, así como su significado económico, determinado esencialmente por el valor añadido y por el empleo que generan.

<table>
<tr><th>Actividad económica</th><th>Total</th><th>Hombres</th><th>Mujeres</th></tr>
<tr><td>Total</td><td>47,555</td><td>28,855</td><td>18,700</td></tr>
<tr><td>Agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura</td><td>3,705</td><td>3,198</td><td>507</td></tr>
<tr><td>Minería e Hidrocarburos</td><td>119</td><td>93</td><td>26</td></tr>
<tr><td>Industria manufacturera</td><td>4,762</td><td>3,553</td><td>1,209</td></tr>
<tr><td>Electricidad, gas, agua y desechos</td><td>148</td><td>116</td><td>32</td></tr>
<tr><td>Construcción</td><td>4,530</td><td>4,450</td><td>80</td></tr>
<tr><td>Comercio, transporte y almacenes</td><td>16,814</td><td>10,034</td><td>6,780</td></tr>
<tr><td>Otros servicios</td><td>12,222</td><td>4,401</td><td>7,821</td></tr>
<tr><td>Sin especificar</td><td>1,538</td><td>861</td><td>677</td></tr>
<tr><td>Descripciones incompletas</td><td>3,717</td><td>2,149</td><td>1,568</td></tr>
</table>

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, Censo 2012

</td></tr>
</table>

Fuente: PTDI GAM Montero 2021-2025)

27.8. Características económicas del municipio de Colpa Bélgica

Cuadro No 67 Características económicas del municipio de Colpa Bélgica

<table>
<tr><th>Municipio</th><th>Características económicas</th></tr>
<tr><td>Colpa Bélgica</td><td>

Actividades agrícolas

Colpa Bélgica tiene para uso agrícola la superficie de 998 Ha, que se dividen entre pequeños y medianos propietarios.

Áreas y actores vinculados a la actividad

El área de producción agrícola está centrada en la zona Este del Municipio, presenta una topografía plana resultado de suelos aluviales formados por el río Piraí.

En la zona Oeste, el cultivo agrícola está restringido a pequeñas escalas de subsistencia debido a que los suelos son pobres por constituir una topografía irregular.

Sistemas de producción

En el Municipio existen tres sistemas de producción predominantes:

</td></tr>
</table>

	• El sistema de corte y quema, conocido como agricultura "en chaqueado", es practicado por los pequeños agricultores campesinos, que cuentan con mano de obra familiar y sus pequeñas parcelas que se ve limitada por falta de recursos económicos. Inicia su ciclo con el corte y quema del área de monte elegido dentro de su parcela, realiza siembras anuales hasta los 3 años continuos, después de este período los rendimientos bajan, el control de malezas es imposible, y se decide dejar en descanso el terreno por el mismo período. • El sistema semi mecanizado, es un sistema intermedio, que se utiliza maquinaria en ciertas etapas del proceso de producción y en otras se utiliza solo mano de obra. Este sistema es utilizado principalmente por medianos agricultores y algunos pequeños que cuentan con un cierto capital. • El sistema mecanizado, es utilizado en su integridad por los agricultores medianos y grandes, consiste en la utilización de maquinaria para la habilitación y posterior siembra de los terrenos. Para esta actividad recurren a empresas especializadas en desmonte y habilitación de tierras agrícolas. **Tipos de producción** Los tipos de producción agrícola en el municipio son los cultivos agrícolas industriales con una producción de 1.364.944 toneladas en 32.519 Hectáreas y cereales con 25.008 Toneladas en 11.661 Hectáreas. La principal producción agrícola del Municipio de Colpa Bélgica es la caña de azúcar con 1.339.091 toneladas en 21.796 Hectáreas. La soya es el segundo cultivo agrícola con 25.853 toneladas en 10.723 Hectáreas.

Fuente: PTDI GAM Colpa Bélgica (2021-2025)

28. SISTEMA DE CIUDADES CONSOLIDADOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

La Región Metropolitana de Santa Cruz presenta una influencia directa sobre las siguientes capitales municipales en el marco de la Ley Departamental 187: a) Santa Cruz de la Sierra; b) Porongo; c) Warnes; d) Cotoca; e) El Torno; y f) La Guardia.

Las capitales municipales correspondientes a las áreas de influencia de la Región Metropolitana son las siguientes: i) Montero; ii) Colpa Bélgica; iii) Pailón; iv) Portachuelo; y v) Okinawa.

Por otro lado, los centros urbanos emergentes sobre la red vial fundamental, cumplen un rol significativo dentro del desplazamiento de los usuarios de la Región Metropolitana, estos son:

1. Urbanización Naranjal

2. Las Barreras
3. San José Obrero
4. Gran Paititi
5. Satélite Norte
6. Pentaguazú 2, 3, 4 y 5
7. Urubó
8. El Bisito
9. Campanero
10. La Enconada
11. Montero Hoyos
12. Puerto Pailas
13. Paurito
14. Santa Rita
15. Limoncito
16. Jorochito
17. La Angostura

28.1. Categorización de las ciudades en la Región Metropolitana

De acuerdo con uno de los últimos estudios realizados "Ciudades Intermedias de Bolivia" en colaboración por el Banco Mundial en 2017, las ciudades se clasifican de la siguiente manera según el peso demográfico:

Cuadro No 68 Tipologías de ciudades

Tipologías de ciudades	Ciudades con más de 500 mil habitantes	Ciudad Metropolitana
	Ciudades entre 100 mil y 500 mil habitantes	Ciudad Mayor
	Ciudades entre 50 mil y 100 mil habitantes	Ciudad Intermedia
	Ciudades entre 10 mil y 50 mil habitantes	Ciudad menor

Fuente: Ciudades Intermedias de Bolivia (2017)

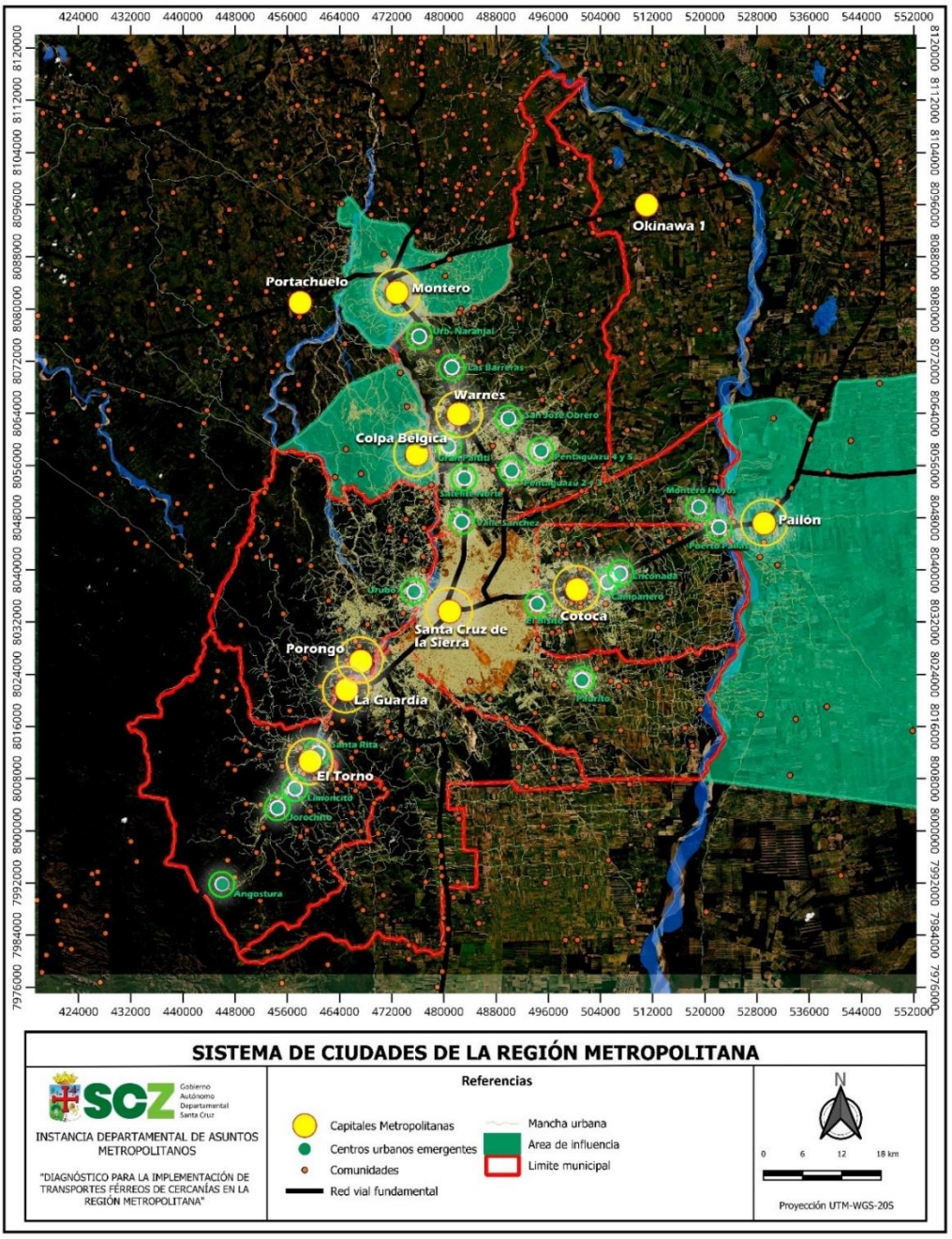
A continuación, se clasifican las ciudades de acuerdo con el peso demográfico según los datos del conteo poblacional del ICE y datos del CNPV 2012 para los centros urbanos específicos. En el caso de las urbanizaciones y algunos centros urbanos, no se encontró la cantidad poblacional de manera oficial.

Cuadro No 69 Tipologías de ciudades

	CENTRO URBANO	HABITANTES	TIPOLOGIA DE CIUDAD
Capitales Metropolitanas	Santa Cruz de la Sierra	2.251.627	Ciudad Metropolitana
	Warnes	190.298	Ciudad Mayor
	La Guardia	165.726	Ciudad Mayor
	El Torno	67.091	Ciudad Intermedia
	Cotoca	112.749	Ciudad Mayor
	Porongo	23.844	Ciudad Menor
	Portachuelo	25.213	Ciudad Menor
	Montero	168.929	Ciudad Mayor
	Colpa Bélgica	8.199	-
	Pailón	46.314	Ciudad Menor
Centros Urbanos Emergentes	Urbanización Naranjal	-	-
	Las Barreras	-	-
	San José Obrero	-	-
	Gran Paititi	-	-
	Satélite Norte	-	-
	Pentaguazú, 2, 3, 4 y 5	-	-
	Urubó	544	-
	El Bisito	1.713	-
	Campanero	2.006	-
	La Enconada	2.197	-
	Montero Hoyos	1.935	-
	Puerto Pailas	2.800	-
	Paurito	1.556	-
	Santa Rita	3.377	-
	Limoncito	2.943	-
	Jorochito	3.259	-
	La Angustura	1.809	-

Fuente: Elaboración propia

Figura No 203 Sistema de ciudades de la Región Metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia

29. EQUIPAMIENTOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Los equipamientos urbanos de la Región Metropolitana son de gran relevancia para la planificación de las ciudades, debido a los radios de influencia que estos tienen y la capacidad de atención a personas para satisfacer sus necesidades.

A continuación, se presenta algunas características de los equipamientos urbanos como radio de influencia y población alcanzada:

Cuadro No 70 Influencia de los principales equipamientos de la Región Metropolitana

EQUIPAMIENTO	RADIO DE INFLUENCIA (m)	POBLACIÓN BASE (hab.)
Hospitales	2000	20.000
Universidades	-	50.000
Institutos Técnicos	2000	10.000
Parques Industriales	-	-
Aeropuertos	-	-
Terminales de Buses	3.000	20.000

Fuente: Guía Metodológica para la Planificación de Equipamiento Urbanos en Perú.

Los hospitales de segundo nivel se deben implementar con un umbral de 20.000 habitantes, mientras que su radio de influencia deberá considerar 2.000 metros a la redonda; los institutos técnicos tienen un radio de influencia de 2.000 metros y deben implementarse con 10.000 habitantes; Por su parte las terminales de buses presentan un radio de influencia de 3.000 metros y deben ser consolidados con una población base de 20.000 habitantes.

Respecto a las universidades, aeropuertos y parques industriales estas no están definidos por un radio de influencia, siendo de alcance general para la satisfacción de las necesidades de la población local.

A continuación, se presenta la distribución de los principales equipamientos de salud, educación áreas industriales que tienen gran influencia en el desplazamiento de los habitantes de la región metropolitana.

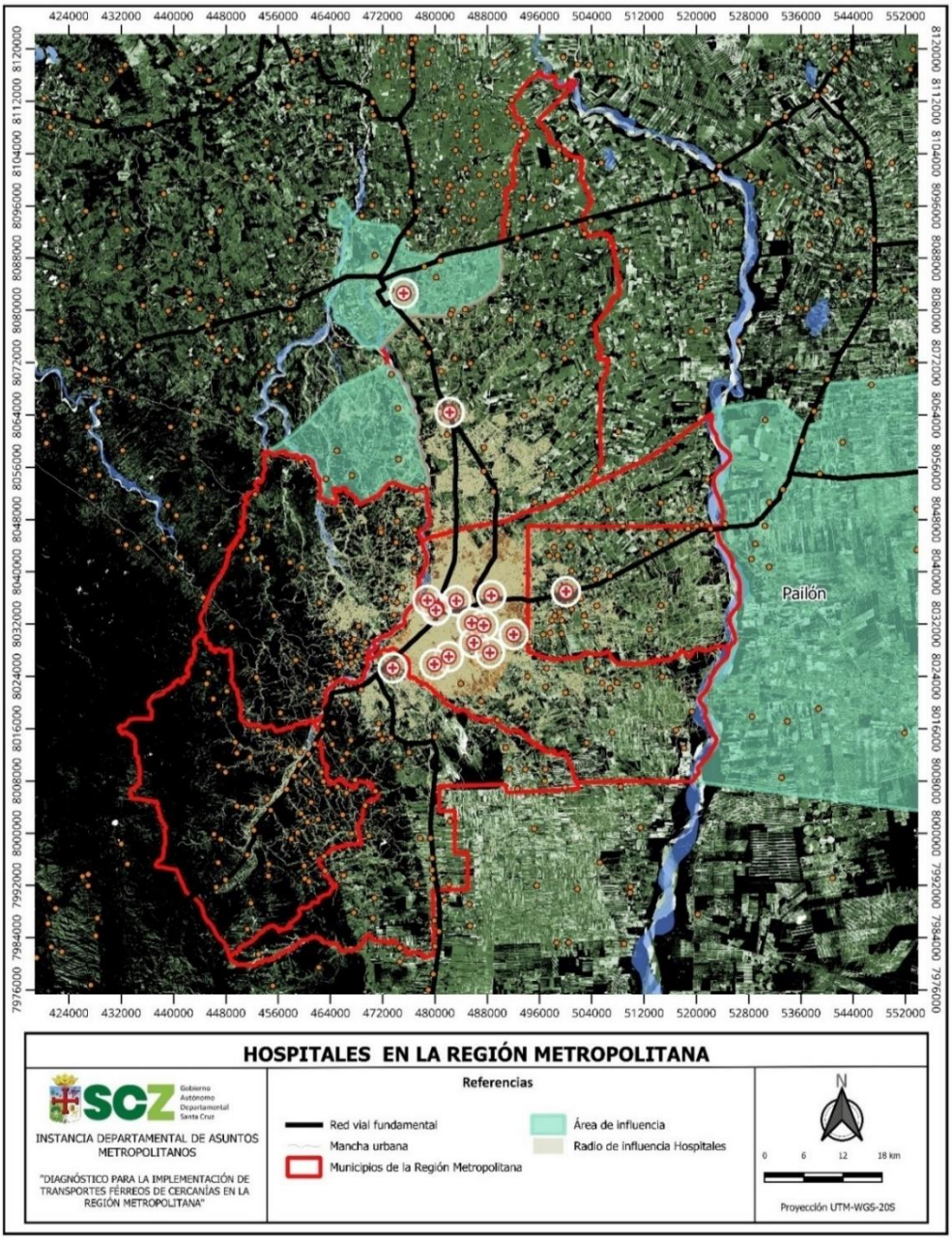
29.1. Distribución de hospitales en la Región Metropolitana

En el siguiente mapa se presenta la distribución de los principales hospitales de la Región Metropolitana y a su vez se presenta el radio de influencia que estos abarcan.

Los radios de influencia permiten observar de manera gráfica cuales son los lugares de la región metropolitana que no se encuentran dentro de los radios de influencia de estos equipamientos tan importantes y necesarios para la población.

Ver detalles en el siguiente mapa.

Figura No 204 Distribución de Hospitales en la Región Metropolitana



Fuente: Elaboración propia

29.2. Distribución de centros de formación académica

Uno de los factores que suma al desplazamiento de los habitantes de la Región Metropolitana, es por la formación académica. La Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, es la única universidad pública en el Departamento de Santa Cruz con sede principal en el municipio de Santa Cruz de la Sierra, que a su vez tiene diferentes unidades descentralizadas en las demás provincias.

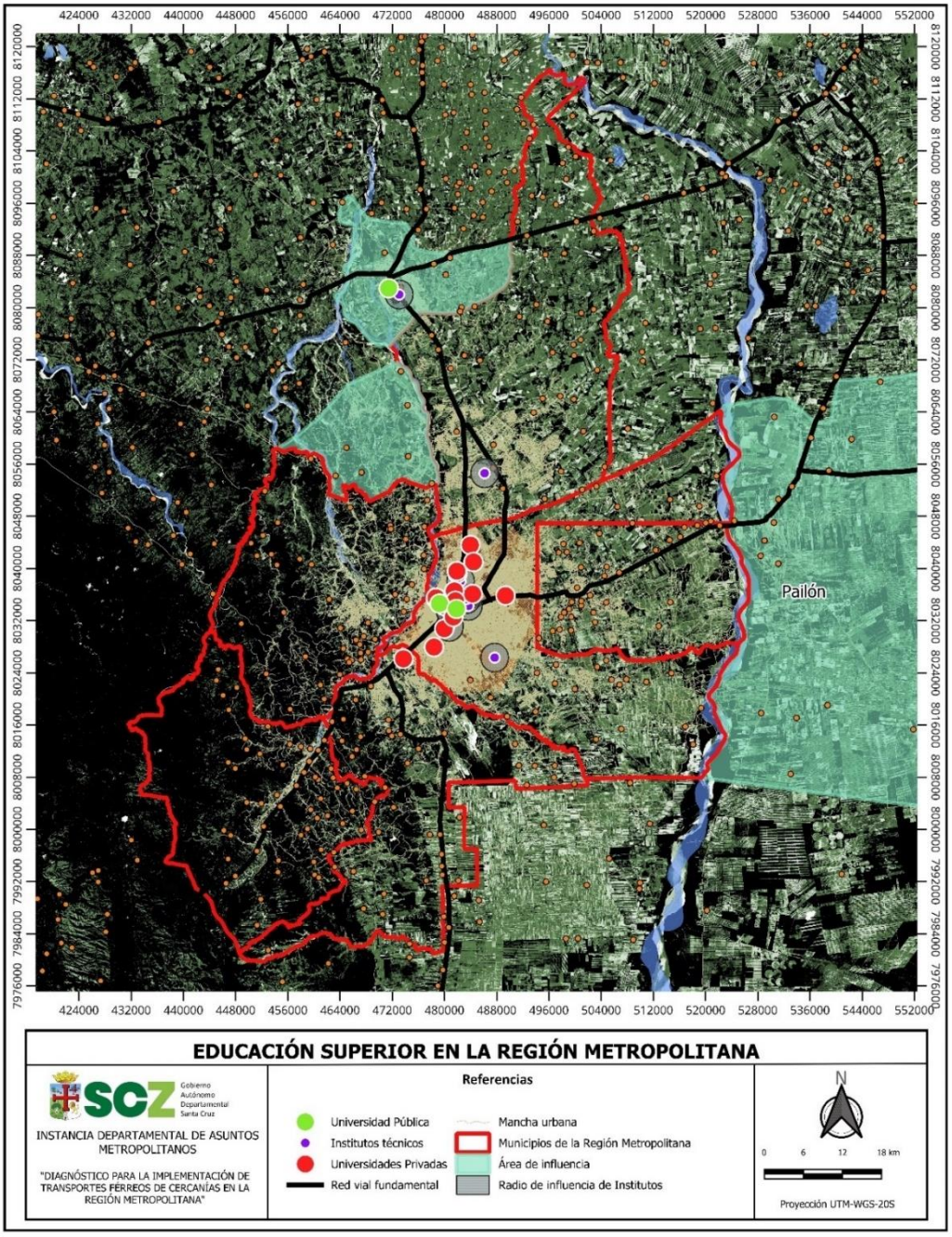
Figura No 205 Universidad Autónoma Gabriel René Moreno

Fuente: Fotografía Página Siete.

Las Universidades Privadas y los Institutos Técnicos también tienen un rol significativo en la formación de estudiantes de la región metropolitana, las principales universidades son: a) UNIVALLE; b) UPSA; c) Universidad Católica Boliviana; e) UDABOL; f) UTEPSA; g) UNIFRANZ; h) EMI; i) Universidad Privada Domingo Savio; j) UCEBOL; k) Universidad Privada de Bolivia; l) Universidad Evangélica de Bolivia; y m) Universidad Nur.

La distribución de las universidades e institutos de la región metropolitana se distribuye de la siguiente manera:

Figura No 206 Distribución de universidades e institutos



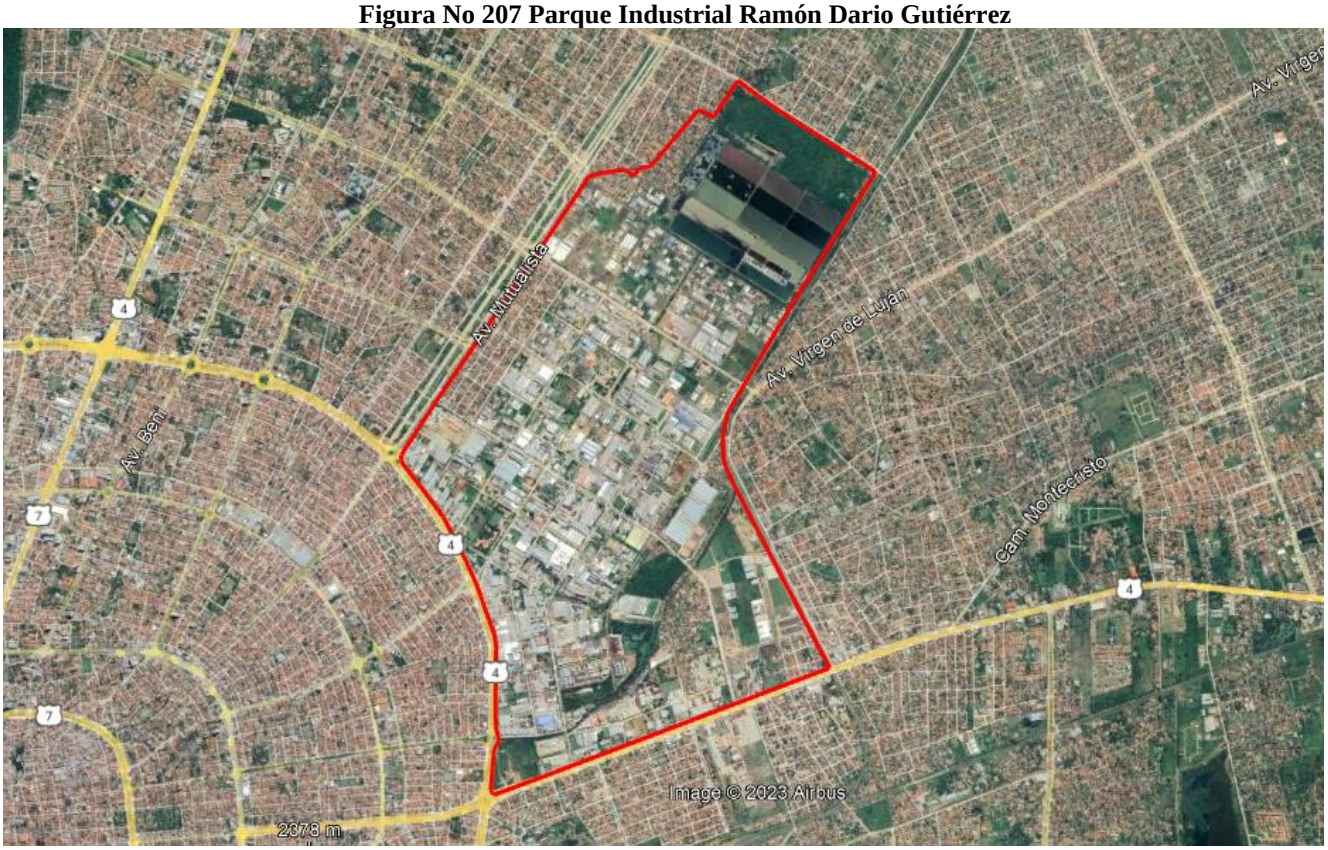
Fuente: Elaboración propia

29.3. Parques industriales en la Región Metropolitana

Los parques industriales cumplen un importante rol en el desarrollo económico industrial de la Región Metropolitana, generando empleos y desarrollando actividades que generan un alto valor agregado a la producción departamental. Estos parques industriales son los siguientes:

Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez – Santa Cruz de la Sierra

Figura No 207 Parque Industrial Ramón Dario Gutiérrez



Fuente: Elaboración propia (Google Earth)

Parque Industrial Latinoamericano – Warnes

Figura No 208 Parque Industrial Latinoamericano

Fuente: Elaboración propia (Google Earth)

Parque Agroindustrial del Norte – Montero

Figura No 209 Parque Agroindustrial del Norte

Fuente: Elaboración propia (Google Earth)

Parque Empresarial Coronado – Santa Cruz de la Sierra

Figura No 210 Parque Empresarial Coronado

Fuente: Elaboración propia (Google Earth)

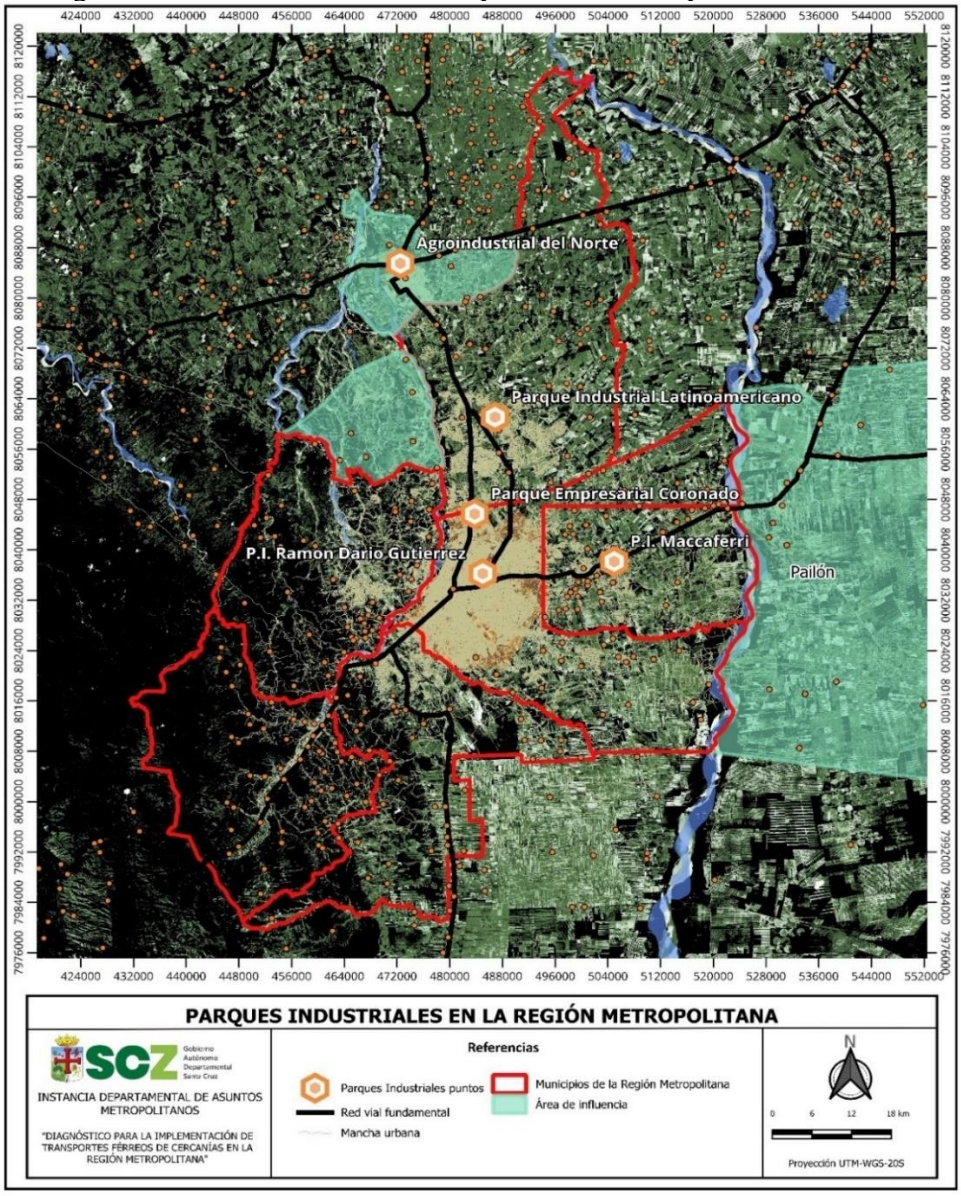
Parque Industrial Maccaferri – Cotoca

Figura No 211 Parque Industrial Maccaferri

Fuente: Elaboración propia (Google Earth)

Existen otros dos parques industriales que no se encuentran en operación, localizados en el municipio de Porongo y en el municipio de La Guardia, razón por la cual, no se los mapeó en este análisis. En la siguiente figura, se presenta la localización de los 5 parques industriales en operación, que tiene la Región Metropolitana de Santa Cruz.

Figura No 212 localización de los Parques Industriales operativos de la RMSCZ



Fuente: Elaboración propia

29.4. Aeropuertos en la Región Metropolitana

En relación con el transporte aéreo, la Región Metropolitana de Santa Cruz cuenta con dos aeropuertos, el inicialmente aeropuerto de El Trompillo, ubicado sobre el segundo anillo en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Figura No 213 Aeropuerto El trompillo

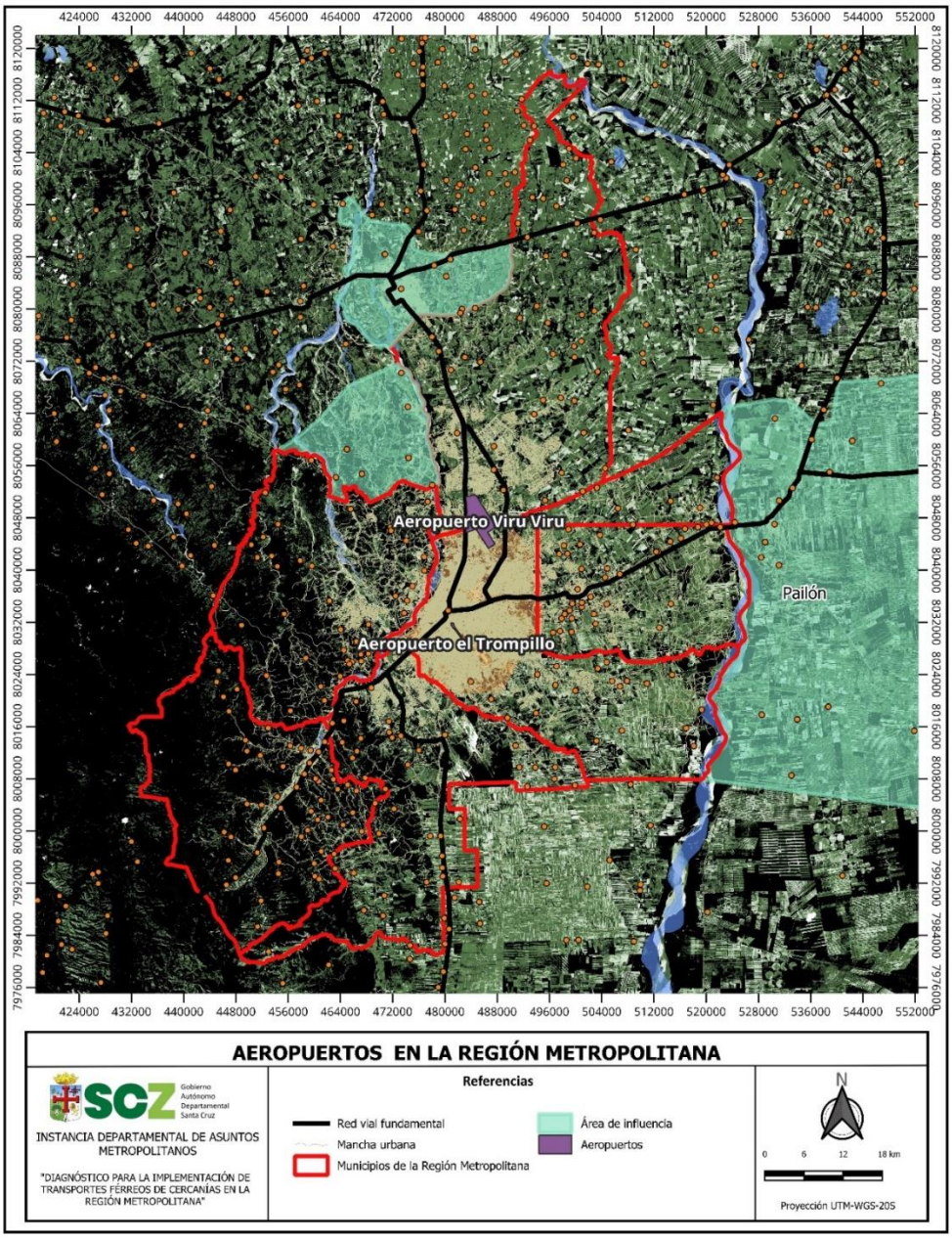
Fuente: Fotografía Página Siete.

Y el Aeropuerto Internacional Viru Viru, este último considerado como uno de los ejes estratégicos de la Región Metropolitana al ser consolidado como un HUB Aeroportuario, gracias a su ubicación estratégica en el centro de Sudamérica.

Figura No 214 Aeropuerto Internacional Viru Viru

Fuente: Fotografía Bolivia Emprende

Figura No 215 Aeropuertos en la Región Metropolitana de Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia

29.5. Terminales de buses en la Región Metropolitana

En la Región Metropolitana se identificaron dos terminales de buses con infraestructura establecida, el primero ubicado en el municipio de Santa Cruz de la Sierra "Terminal Bimodal" y el segundo ubicado en el municipio de Montero "Nueva Terminal de Montero".

Terminal Bimodal - Santa Cruz de la Sierra

Figura No 216 Terminal Bimodal de Santa Cruz

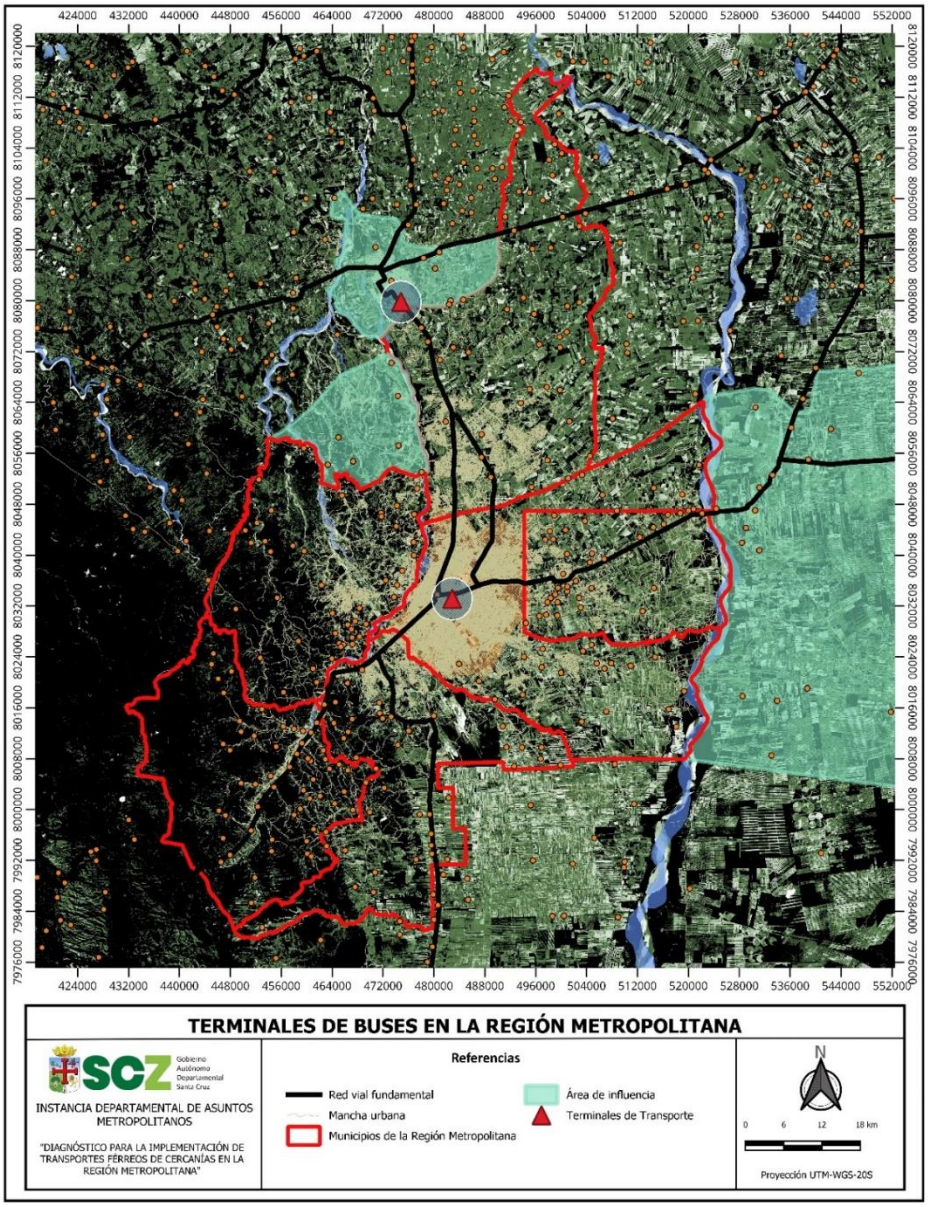
Fuente: Elaboración propia

Nueva Terminal de Montero

Figura No 217 Terminal Bimodal de Santa Cruz

Fuente: Elaboración propia

Figura No 218 Terminales de buses en la Región Metropolitana de Santa Cruz

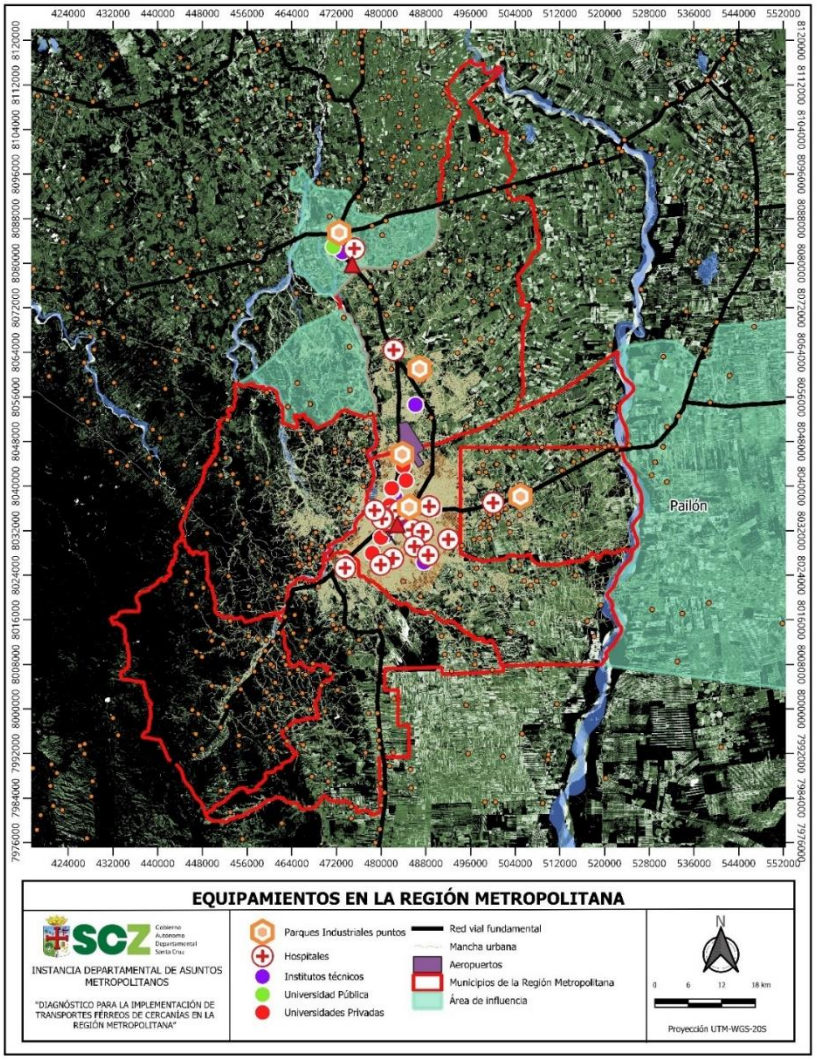


Fuente: Elaboración propia

29.6. Equipamientos en la Región Metropolitana

A continuación, se presenta la distribución total de los principales hospitales, universidades e institutos, parques industriales y terminales de buses, que tiene gran influencia en el desplazamiento de los usuarios de la Región Metropolitana:

Figura No 219 Distribución de los principales equipamientos en la Región Metropolitana



Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN 7 – CLASIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TRANSPORTE FÉRREO DE CERCANÍAS EN LA RMSCZ POR FASES

De acuerdo con diversas fuentes los proyectos ferroviarios son elaborados por etapas o fases, debido a las siguientes razones:

- *Transformación espacial:* La implementación de una nueva infraestructura de tren urbano conlleva una transformación espacial en la ciudad1. Esto puede implicar un replanteamiento del sistema ferroviario existente, lo que puede producir una notable transformación urbana.

- *Eficiencia y asequibilidad:* Un buen tren urbano puede mejorar la calidad de vida de las personas que viven y trabajan en el área metropolitana, incrementar la productividad e impulsar el desarrollo urbano2. Sin embargo, desarrollar un excelente tren urbano requiere una alianza entre el sector público y el privado.

- *Crecimiento moderado:* Un proyecto de tren urbano puede crecer de manera moderada, aumentando la frecuencia de los trenes, construyendo pasos a desnivel y agregando otros componentes, conforme la demanda y los ingresos aumenten.

- *Costo de inversión:* indudablemente el costo de inversión es uno de los más altos en comparación a otros proyectos de movilidad urbana.

(La República, 2023).

30. IDENTIFICACIÓN DE EJES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTES FÉRREOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTA CRUZ

La Región Metropolitana de Santa Cruz se ha expandido a lo largo de los últimos 30 años en 3 dirección principalmente:

- Norte: Hacia Montero

- Este: Hacia Pailón

- Sur: Hacia La Guardia y el sur del municipio de Santa Cruz de la Sierra

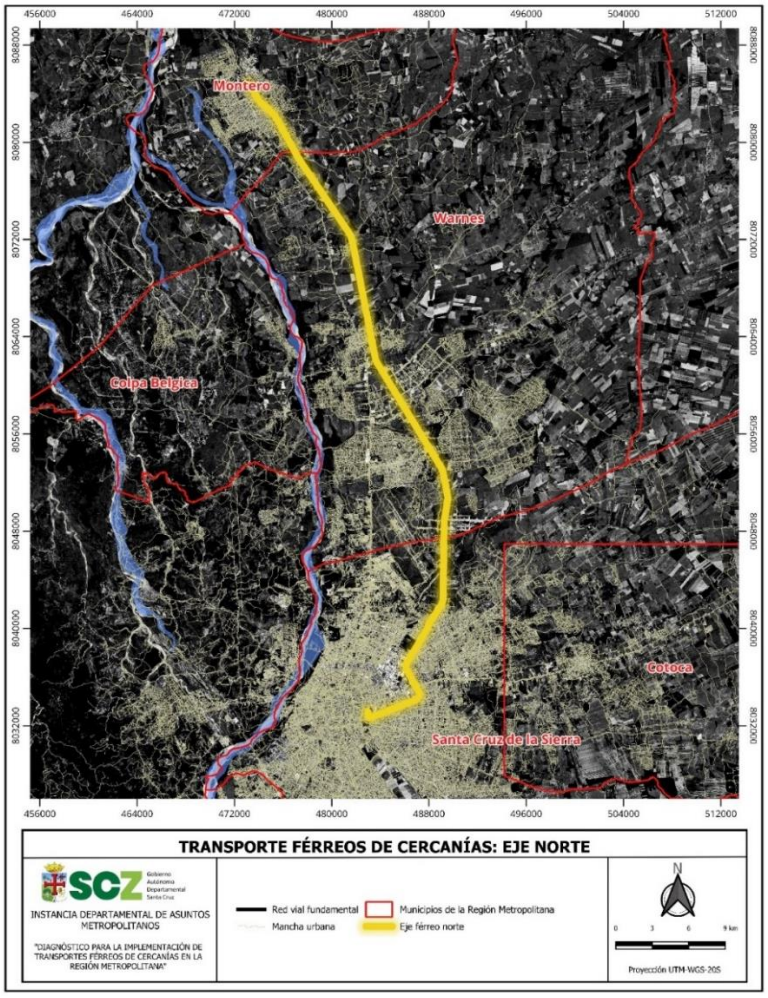
Además, luego de analizar el sistema de ciudades, equipamientos y la influencia del trazado de la actual red férrea en la región metropolitana, que se desarrolla de manera paralela con la red vial

fundamente en los 3 ejes anteriormente mencionados, es recomendable que un proyecto de “Tren de Cercanías” deba ejecutarse por fases, priorizando el flujo de pasajeros y la población potencial a ser atendida.

Los ejes identificados se presentan en el siguiente gráfico, que tienen al municipio de Santa Cruz de la Sierra como el núcleo o punto de partida, en tres direcciones:

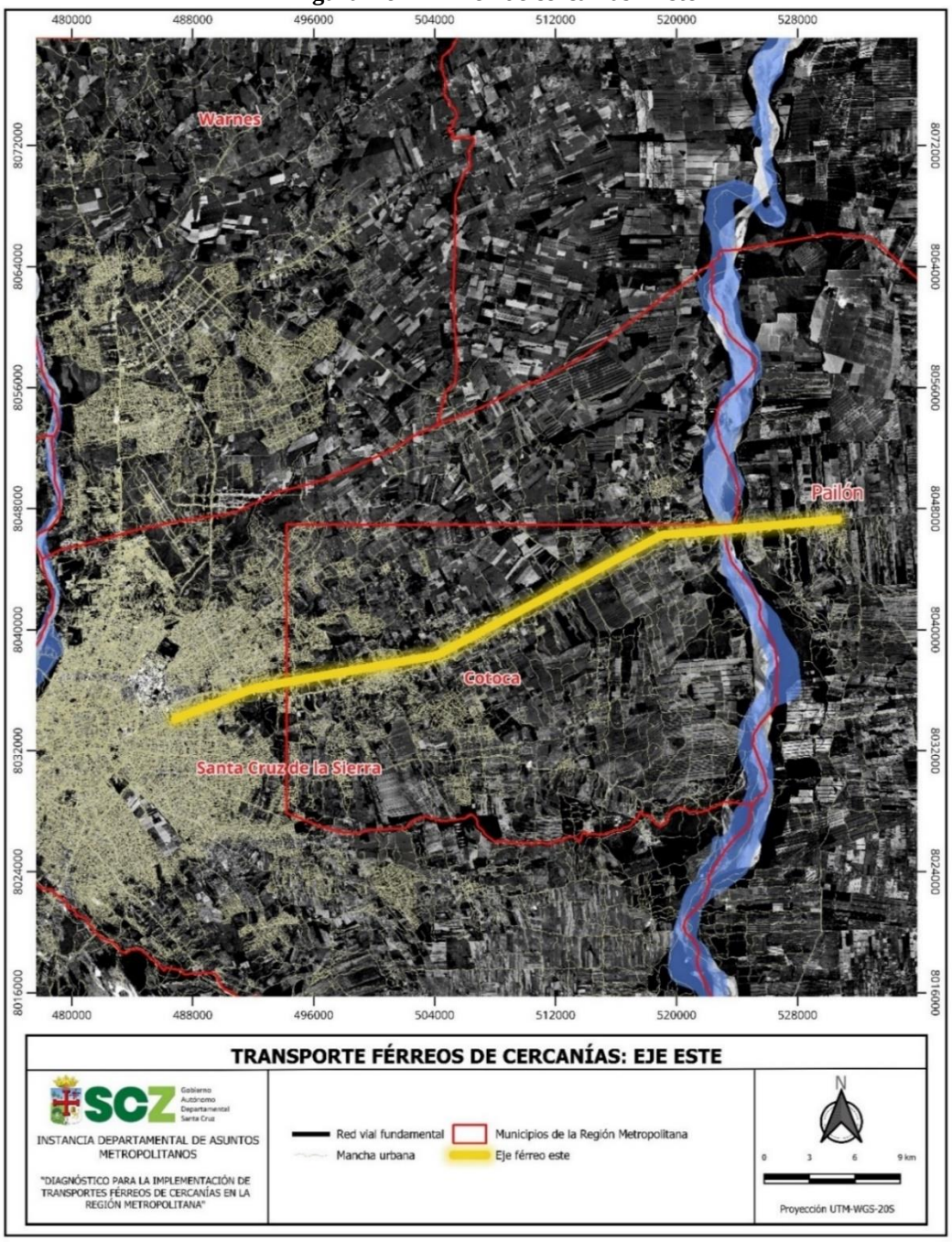
1. Eje Norte: Santa Cruz de la Sierra– Montero
2. Eje Este: Santa Cruz de la Sierra – Cotoca
3. Eje Sur: Santa Cruz de la Sierra – Basilio (La Guardia)

Figura No 220 Tren de cercanías - Norte



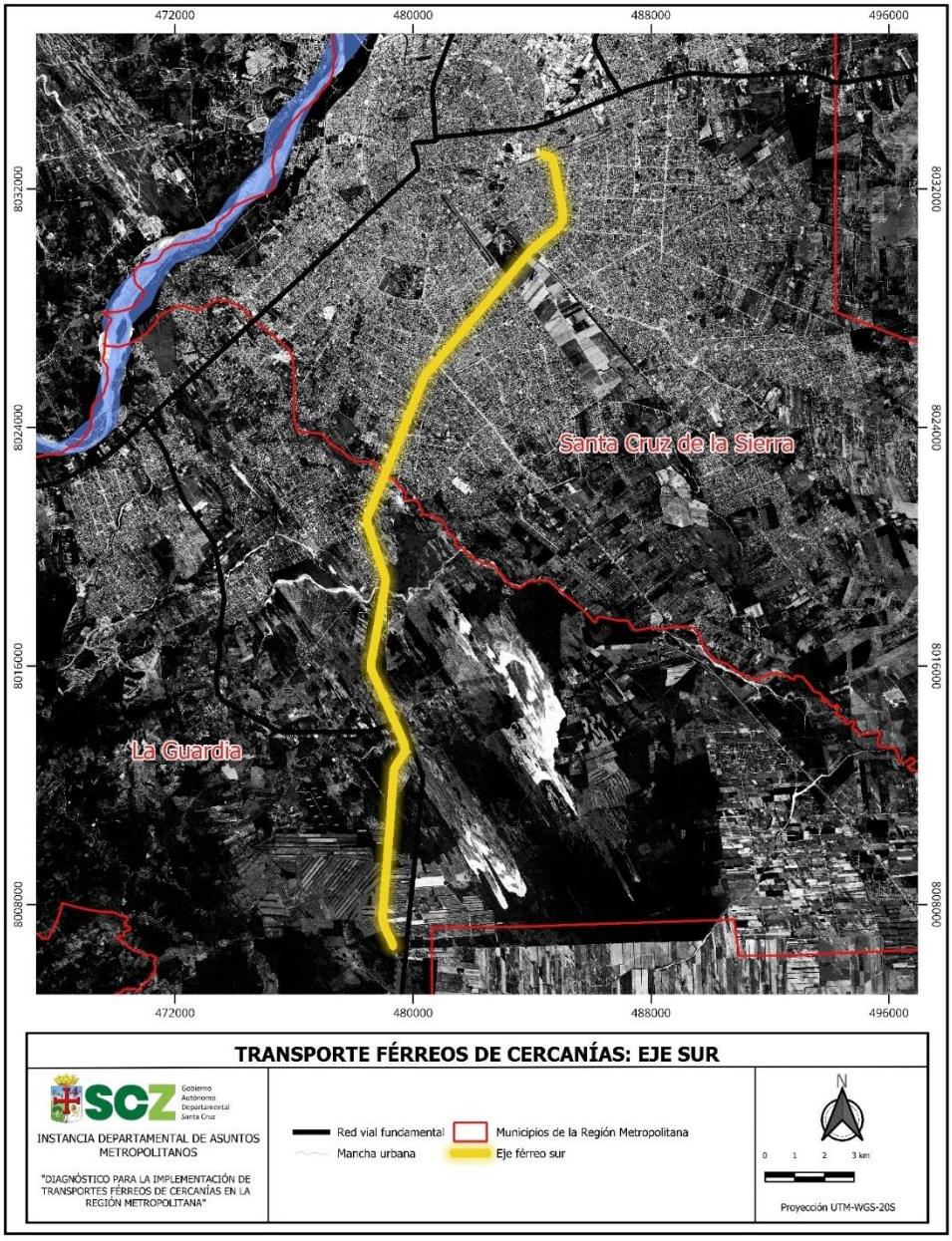
Fuente: Elaboración propia

Figura No 221 Tren de cercanías - Este



Fuente: Elaboración propia

Figura No 222 Tren de cercanías - Sur



Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados los ejes férreos para la implementación de un sistema de trenes de cercanías, estos deberán desarrollarse en 3 etapas identificando la población servida y centros urbanos relevantes que se encuentren influenciados.

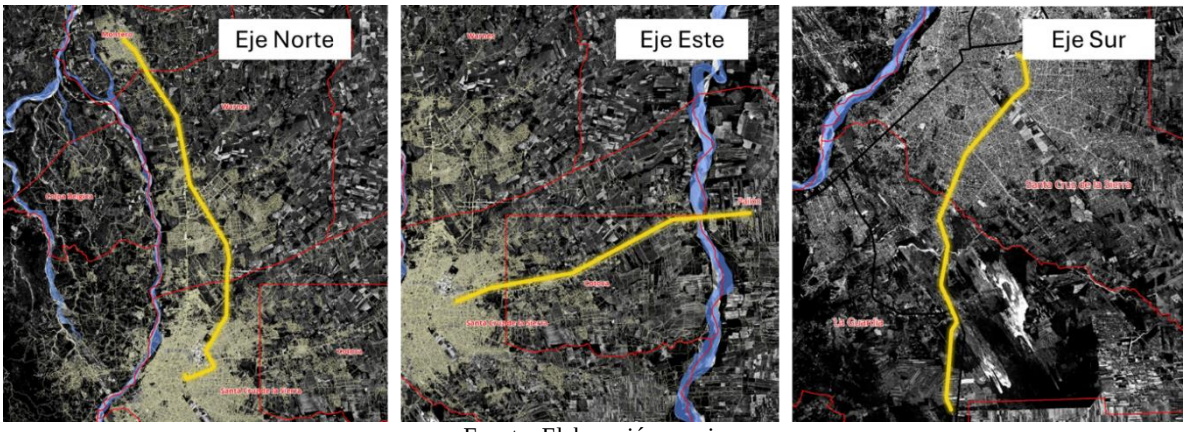
El Eje Norte involucra a los municipios de Santa Cruz de la Sierra desde la terminal de Buses Bimodal, atraviesa Warnes y concluye en el municipio de Montero.

El Eje Este nace también del municipio de Santa Cruz de la Sierra, atraviesa el municipio de Cotoca y concluye en el municipio de Pailón, este último que es considerado como la puerta de ingreso a la Región Metropolitana del lado este del departamento.

Mientras que el Eje Sur, se desarrolla mayormente en el municipio de Santa Cruz de la Sierra y concluye en el municipio de La Guardia en las zonas periféricas donde hay asentamientos humanos consolidados.

A continuación, se presenta los 3 ejes recomendados:

Figura No 223 Ejes para la implementación de Tren de Cercanías en la Región Metropolitana



Fuente: Elaboración propia

31. COMPLEMENTARIEDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTES FÉRREOS CON LA PLANIFICACIÓN METROPOLITANA

31.1. Planificación Metropolitana

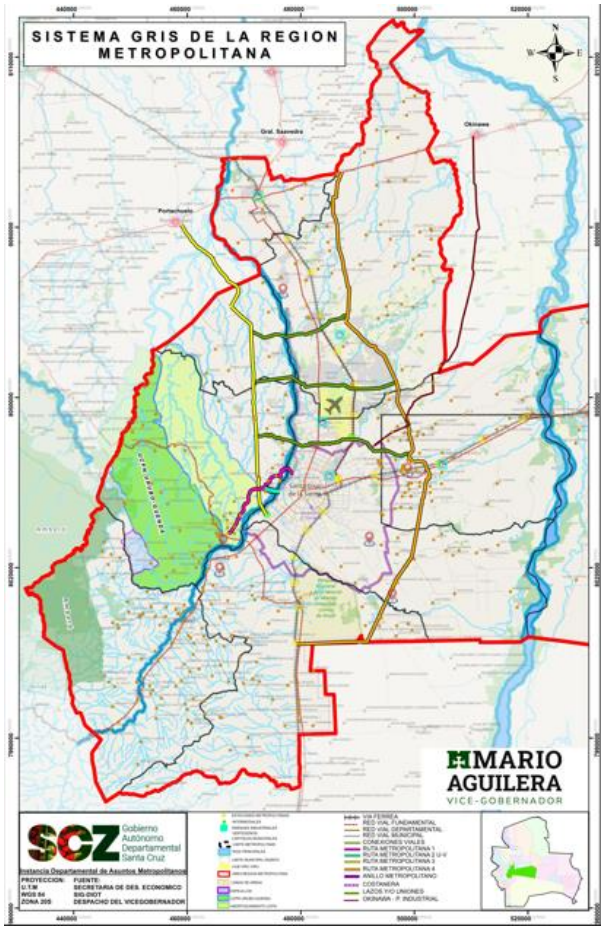
La planificación de la Región Metropolitana de Santa Cruz involucra principalmente 8 ejes estratégicos identificados en el Brainshop Metropolitano (Vivienda, Centro Histórico, Hub Viru Viru, Tren Metropolitano, Sistema Logístico Industrial, Corredores Verdes, Sistema Formativo y Sistema Gris).

Los ejes con mayor oportunidad de ser complementados con un sistema de transporte férreo son los siguientes:

- ***Sistema Gris***

  Este eje vincula de manera estratégica las principales rutas de la Región Metropolitana, brindando mejores condiciones tanto a vehículos de transporte de pasajeros y carga. Actualmente la Gobernación de Santa Cruz tiene plasmado en su planificación 4 “Rutas Metropolitanas” y 3 “Lazos metropolitanos”, con el que se pretende consolidar un sistema articulado de corredores masivos norte-sur conectados entre sí, mediante los lazos metropolitanos.

Figura No 224 Planificación del SISTEMA GRIS - IDAM GAD SC

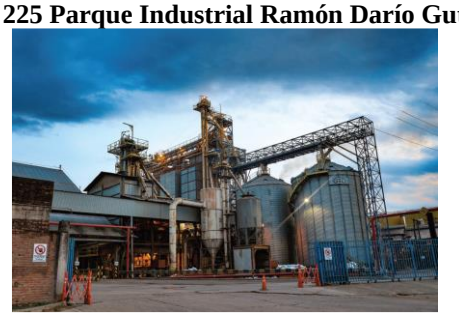


Fuente: IDAM SC

- ***Sistema Logístico Industrial***

El presente eje desarrolla un sistema de articulación estratégica del sector productivo de la Región Metropolitana de Santa Cruz, considera como pieza importante el anterior eje mencionado del Sistema Gris, pero se complementa con los parques industriales, centros de abasto, y toda la cadena productiva que implica el desarrollo de las actividades económicas de la Región Metropolitana.

Figura No 225 Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez

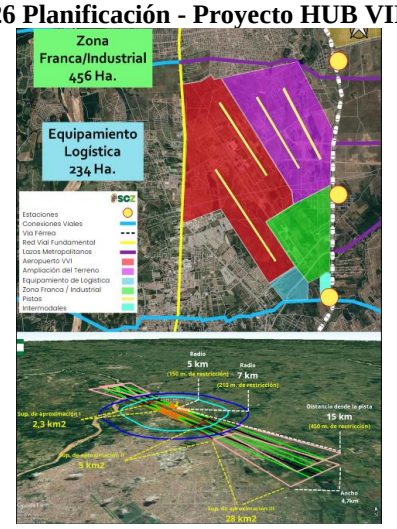


Fuente: IDAM SC

- ***Hub Viru Viru***

Este eje es de competencia nacional, sin embargo, es un proyecto estratégico no solo para la Región Metropolitana, sino también para todo el país. El desarrollo de actividades económicas derivadas por el turismo al contar con más de 40 millones de pasajeros/año, deja un alto movimiento económico que traccionará positivamente en la economía local y generará miles de empleos.

Figura No 226 Planificación - Proyecto HUB VIRU VIRU



Fuente: IDAM SC

- ***Vivienda***

La planificación e implementación de viviendas es fundamental para promover la densificación en la región metropolitana, y hacer uso eficiente del territorio y sus recursos.

Asimismo, este eje metropolitano se complementa estratégicamente con un sistema de transporte férreos, al promover el Desarrollo Urbano Orientado al Transporte.

Figura No 227 Zona urbana consolidada del municipio de Santa Cruz de la Sierra

Fuente: IDAM SC

Los datos recopilados fueron extraídos de la Guía de Desarrollo Metropolitano de la Instancia Departamental de Asuntos Metropolitanos.

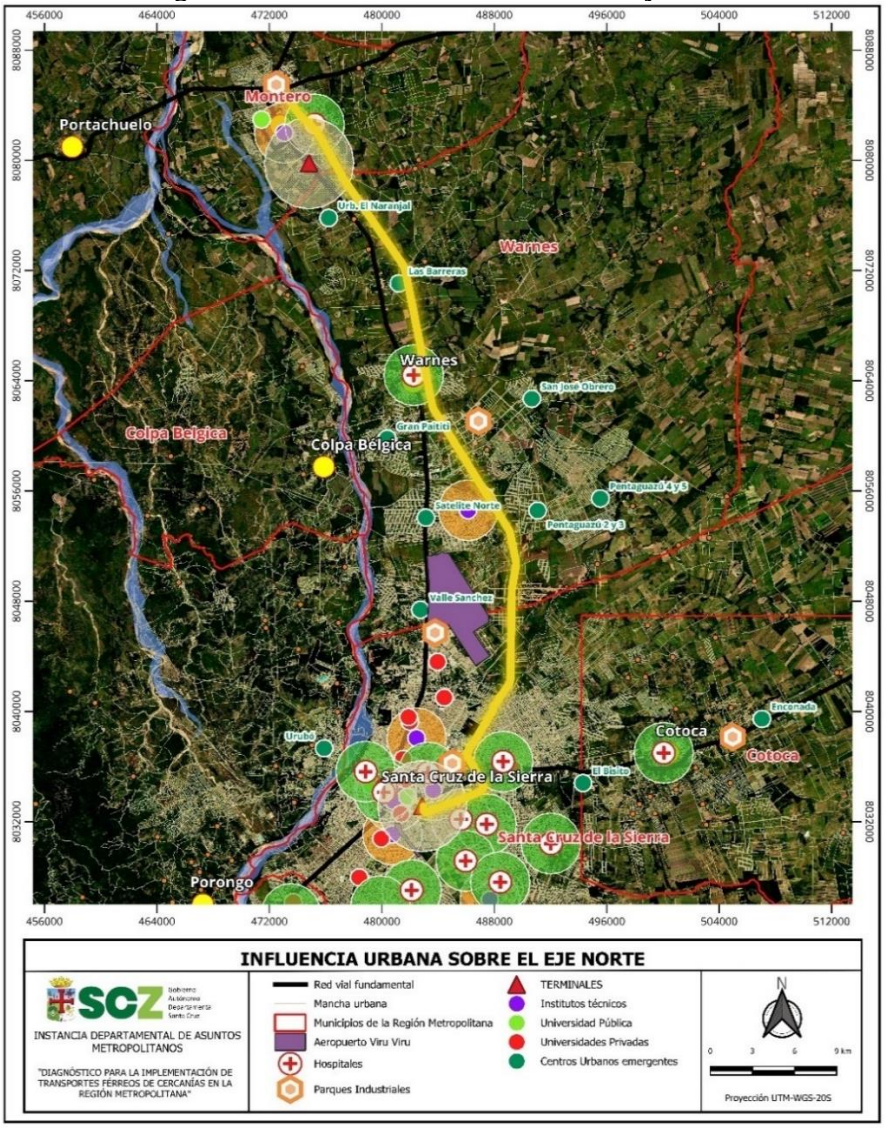
31.2. Análisis comparativo y priorización entre ejes del sistema férreo

Una vez identificados los 3 ejes que pueden desarrollarse para la implementación de un sistema de transporte férreos en la Región Metropolitana de Santa Cruz, se debe identificar el orden de ejecución o las fases de desarrollo, para ello se presenta a continuación la influencia directa que tiene cada uno de los ejes férreos identificados:

31.2.1. Influencia urbana sobre el eje norte

En el eje norte es considerado el eje de mayor crecimiento de la Región Metropolitana de Santa Cruz, sobre el cual se desarrollan múltiples proyectos urbanísticos como la Nueva Santa Cruz, proyectos industriales como el Parque Industrial Latinoamericano (PILAT), y comerciales como Monumental Norte.

Figura No 228 Influencia urbana sobre el Eje Norte

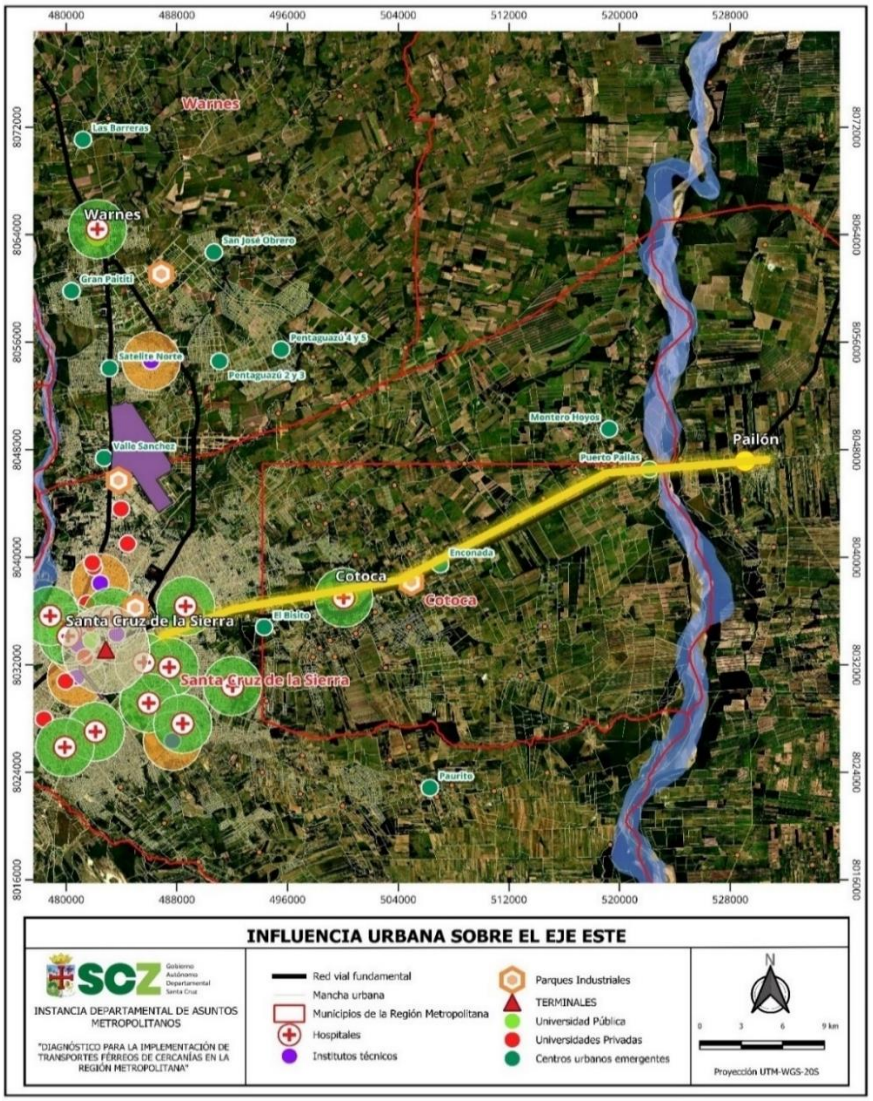


Fuente: Elaboración propia

31.2.2. Influencia urbana sobre el eje este

El eje este también está influenciado por proyectos inmobiliarios, y proyectos comerciales como Monumental Este, si bien la zona este de la Región Metropolitana no se encuentra del todo consolidada, los proyectos que se realizan en la zona proyectan una expansión considerable de los asentamientos, que requerirán de un sistema de transporte masivo para desplazarse hasta el municipio de Santa Cruz de la Sierra.

Figura No 229 Influencia urbana sobre el Eje Este

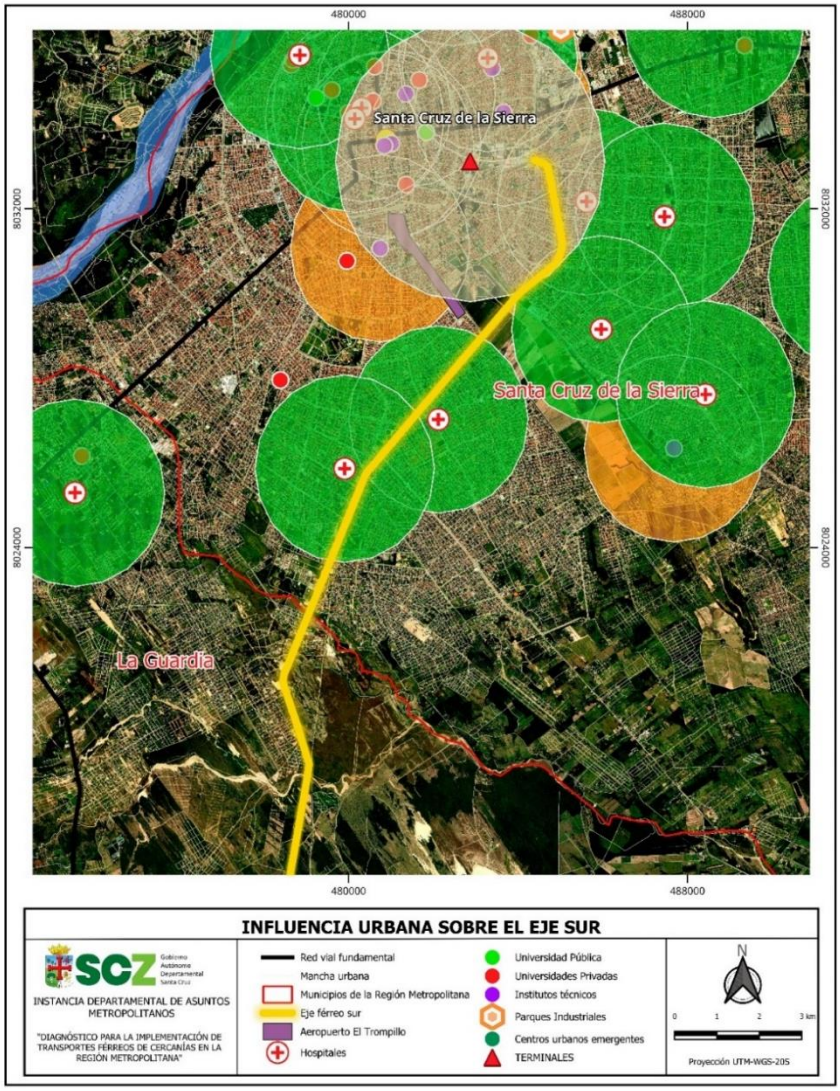


Fuente: Elaboración propia

31.2.3. Influencia urbana sobre el eje sur

El Eje Sur, que en su mayor parte se encuentra en el municipio de Santa Cruz de la Sierra se caracteriza por la densidad y asentamientos consolidados, aprovechando la red férrea existente el trazado del tren de cercanías atravesaría gran parte de la urbe del municipio de Santa Cruz de la Sierra en la zona sur, así mismo el eje permitirá desplazar a los habitantes de la zona sur hasta la zona norte y viceversa en menor tiempo.

Figura No 230 Influencia urbana sobre el Eje Sur



Fuente: Elaboración propia

31.3. Identificación de alternativas de fases para su implementación

Para la identificación de priorización de las fases del Tren de Cercanías en la Región Metropolitana de Santa Cruz, contempla un análisis de: Población potencial a ser alcanzada; consideración de flujo vehicular y flujo de pasajeros que ingresan y salen de la Región Metropolitana por eje; influencia de los equipamientos urbanos sobre cada uno de los ejes como aeropuertos, parques industriales, terminales de buses; urbanizaciones, hospitales, universidades e institutos técnicos; y la vinculación directa de capitales municipales, centros urbanos consolidados y centros urbanos emergentes.

31.3.1. Análisis del Eje Norte

Cuadro No 71 Análisis de influencia sobre el Eje Norte

LONGITUD	CARACTERISTICAS		
Santa Cruz – Warnes – Montero **62 km**	Población Municipal (alcance potencial)	Santa Cruz de la Sierra: 2.251.627 hab.	**2.610.494 hab.**
		Warnes: 190.298 hab.	
		Montero: 168.929 hab.	
	Flujo vehicular	Vehículos que ingresan a la RMSCZ: 33.401 veh./día	**57.961 vehículos** que ingresan y salen al día
		Vehículos que salen de la RMSCZ: 24.560 veh./día	
	Flujo de Pasajeros	Pasajeros que ingresan a la RMSCZ: 115.812 pasajeros	**222.629 pasajeros** que ingresan y salen
		Pasajeros que salen de la RMSCZ: 106.817 pasajeros	
	Influencia de Equipamientos urbanos	Aeropuerto	Aeropuerto Viru Viru
		Parques Industriales	• Parque Industrial Latinoamericano • Parque Empresarial Coronado

			• Parque Industrial Ramon Darío Gutiérrez
		Terminal de buses	• Nueva Terminal de Montero • Terminal Bimodal en Santa Cruz de la Sierra
		Urbanizaciones y centros urbanos emergentes	• El naranjal • Las Barreras • San José Obrero • Pentaguazú 2, 3, 4 y 5 • Satélite Norte • Nueva Santa Cruz
		Hospitales	• Hospital de Segundo Nivel de Montero • Hospital Municipal de Warnes • Hospitales de Santa Cruz de la Sierra
		Universidad pública	UAGRM en Montero y Santa Cruz de la Sierra
		Universidades privadas	En Santa Cruz de la Sierra
		Institutos Técnicos	• ISEC-Montero • Instituto Tecnológico Pentaguazú – Warnes • Institutos en Santa Cruz de la Sierra
	Vinculación de centros urbanos	•Montero – ciudad capital •Warnes – ciudad capital •Satélite Norte – centro urbano consolidado •Pentaguazú – centro urbano emergente	

		•Nueva Santa Cruz – centro urbano emergente •Santa Cruz de la Sierra – ciudad capital

Fuente: Elaboración propia

31.3.2. Análisis del Eje Este

Cuadro No 72 Análisis de influencia sobre el Eje Este

LONGITUD	CARACTERISTICAS		
Santa Cruz – Cotoca – Pailón **51,6 km**	Población Municipal (alcance potencial)	Santa Cruz de la Sierra: 2.251.627 hab.	**2.410.690 hab.**
		Cotoca: 112.749 hab.	
		Pailón: 46.314 hab.	
	Flujo vehicular	Vehículos que ingresan a la RMSCZ: 14.354 veh./día	**28.236 vehículos** que ingresan y salen al día
		Vehículos que salen de la RMSCZ: 13.882 veh./día	
	Flujo de Pasajeros	Pasajeros que ingresan a la RMSCZ: 56.787 pasajeros	**112.257 pasajeros** que ingresan y salen
		Pasajeros que salen de la RMSCZ: 55.470 pasajeros	
	Influencia de Equipamientos urbanos	Aeropuerto	No
		Parques Industriales	• Parque Industrial Ramon Darío Gutiérrez • Parque Industrial Maccaferri
		Terminal de buses	• Terminal Bimodal en Santa Cruz de la Sierra

		Urbanizaciones y centros urbanos emergentes	• Ciudad del Triunfo • La Enconada • Montero Hoyos • Puerto Pailas • Campanero
		Hospitales	• Hospital Municipal Virgen de Cotoca
		Universidad pública	UAGRM en Santa Cruz de la Sierra
		Universidades privadas	En Santa Cruz de la Sierra
		Institutos Técnicos	En Santa Cruz de la Sierra
	Vinculación de centros urbanos	•Santa Cruz de la Sierra – ciudad capital •Cotoca – ciudad capital •Campanero – centro urbano consolidado •Urbanización el Triunfo – centro urbano emergente •La enconada – centro urbano consolidado •Montero Hoyos – centro urbano consolidado •Puerto Pailas – centro urbano consolidado •Pailón – ciudad capital	

Fuente: Elaboración propia

31.3.3. Análisis del Eje Sur

Cuadro No 73 Análisis de influencia sobre el Eje Sur

LONGITUD	CARACTERISTICAS		
Santa Cruz – La Guardia **31,2 km**	Población Municipal (alcance potencial)	Santa Cruz de la Sierra: 2.251.627 hab.	**2.417.353 hab.**
		La Guardia: 165.726 hab.	
	Flujo vehicular	Vehículos que ingresan a la RMSCZ: Sin dato	**Sin datos** Del flujo vehicular paralelo a la vía férrea

		Vehículos que salen de sin dato Sin dato	
	Flujo de Pasajeros	Pasajeros que ingresan a la RMSCZ: Sin datos	**Sin datos** Del flujo de pasajeros paralelo a la vía férrea
		Pasajeros que salen de la RMSCZ: Sin datos	
	Influencia de Equipamientos urbanos	Aeropuerto	ninguno
		Parques Industriales	ninguno
		Terminal de buses	• Terminal Bimodal en Santa Cruz de la Sierra
		Urbanizaciones y centros urbanos emergentes	Asentamientos humanos consolidados
		Hospitales	• Hospital Municipal Frances • Hospital Distrito 12
		Universidad pública	UAGRM en Santa Cruz
		Universidades privadas	En Santa Cruz de la Sierra
		Institutos Técnicos	En Santa Cruz de la Sierra
	Vinculación de centros urbanos	•Distrito 9 – Santa Cruz de la Sierra •Distrito 12 – Santa Cruz de la Sierra •Distrito 3 – Santa Cruz de la Sierra	

Fuente: Elaboración propia

Con el análisis de influencia urbana identificada, la población alcanzada y la cantidad de pasajeros que demanda cada uno de los ejes, se identifica al eje norte como el eje de mayor prioridad, sin embargo, su complementación puede considerar tanto el eje sur como el eje este, en ese sentido se recomiendan dos escenarios para su implementación:

Cuadro No 74 Orden de fases para la implementación de un Tren de Cercanías

ESCENARIOS	FASE 1	FASE 2	FASE 3
1	Eje Norte	Eje Sur	Eje Este
2	Eje Norte	Eje Este	Eje Sur

Fuente: Elaboración propia

En el escenario 1, el eje norte se complementa primeramente con el eje sur consolidando el eje norte-sur de transporte masivo, este puede ser complementando por otros modos de transporte debido a la consolidación de asentamientos humanos y posteriormente ser expandido al eje este de la Región Metropolitana.

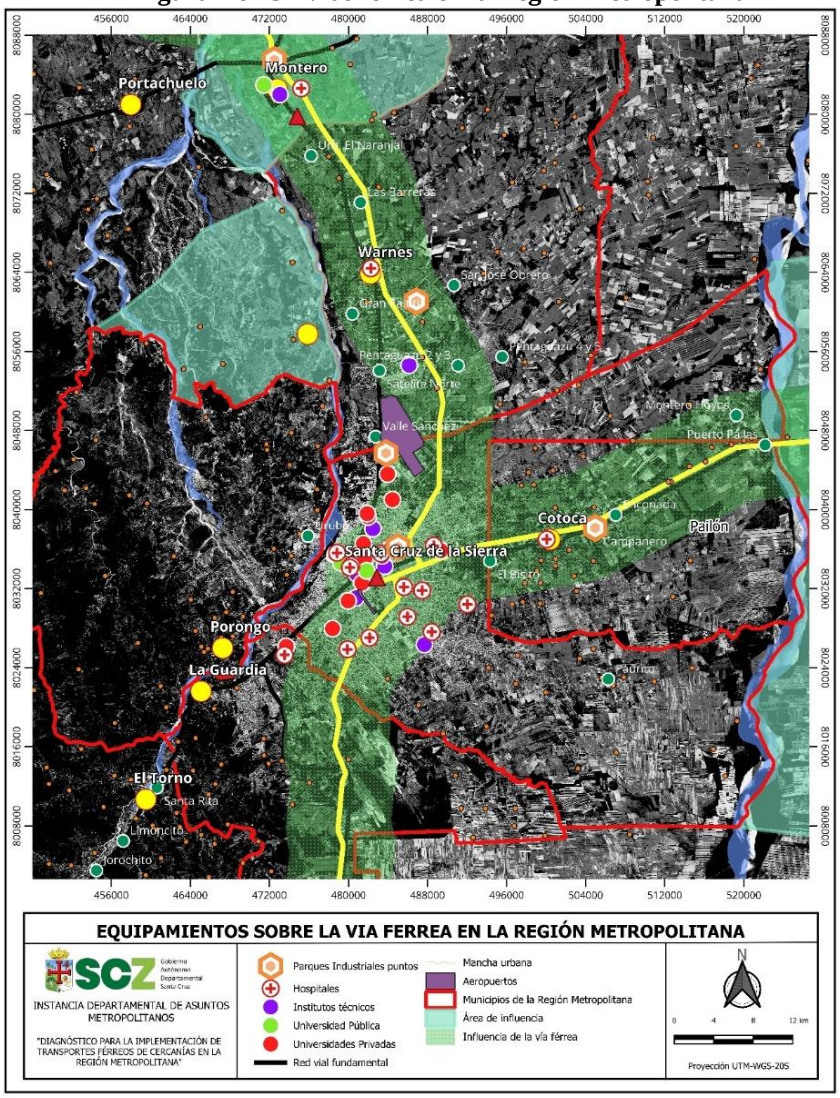
En el escenario 2, el eje norte se complementará en una primera instancia con el eje este permitiendo establecer las estaciones en zonas periurbanas y alcanzando los municipios de Montero y Pailón en menor tiempo. Aunque el eje este no se encuentra del todo consolidado.

SECCIÓN 8 – ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL DERECHO DE VÍA FÉRREA

32. RED FÉRREA Y EQUIPAMIENTOS URBANOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA

A continuación, se presenta los equipamientos urbanos y su relación a la influencia de la actual vía férrea (considerando 5km de lado), en sus tres ejes: norte, sur y este. A su vez, esto permiten ver de manera gráfica la “accesibilidad” que tendrán los usuarios del Tren Metropolitano para acceder a los diferentes equipamientos.

Figura No 231 Vías férrea en la Región Metropolitana



Fuente: Elaboración propia

32.1. Acceso a la actual vía férrea

Es evidente que los 3 ejes de la vía férrea existente sientan las bases para aprovechar el derecho de vía existente y plantear un sistema de transporte férreo de cercanías sobre las mismas. Sin embargo, no todos los municipios que conforman la Región Metropolitana (Ley Departamental 187) tienen acceso a la red férrea. Ver detalles en el siguiente cuadro:

Cuadro No 75 Acceso de los municipios a la Vía Férrea

MUNICIPIOS		ACCESO
Ley Departamental N° 187	Santa Cruz de la Sierra	Si
	Warnes	Si
	Cotoca	Si
	La Guardia	Si
	Porongo	No
	El Torno	No
Área de influencia	Montero	Si
	Colpa Bélgica	No
	Pailón	Si

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Warnes, Cotoca, La Guardia si tienen acceso directo a la actual vía férrea, debido a que este atraviesa sus territorios y vincula sus principales centros urbanos (a excepción de La Guardia).

El municipio de Montero y Pailón que son considerados municipios pertenecientes al área de influencia de la Región Metropolitana, también tiene acceso directo a la actual vía férrea vinculando de manera directa sus principales centros urbanos.

Sin embargo, los municipios de El Torno, Porongo y Colpa Bélgica, no tiene la presencia de la actual vía férrea sobre sus territorios, este hecho abre pasos a plantear diferentes alternativas de vinculación de sus centros urbanos con la vía férrea ante la implementación de un proyecto de Tren de Cercanías.

En el mapa anterior se evidencia cómo el actual derecho de vía férrea articula estratégicamente los principales centros urbanos de la Región Metropolitana de Santa Cruz, y cómo los principales equipamientos urbanos también son potencialmente vinculables con un sistema de transportes férreos de cercanías.

SECCIÓN 9 – ANÁLISIS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES FÉRREAS

Una vez identificados los ejes y los escenarios en el que se definen las fases para que un proyecto de Tren de Cercanías sea implementado en la Región Metropolitana, se procede a identificar los sitios más estratégicos para las estaciones. Para ello es fundamental conocer los diferentes criterios para su ubicación.

33. CRITERIOS PARA ESTABLECER LA UBICACIÓN DE ESTACIONES

A continuación, se presentan algunos criterios identificados para la selección de ubicaciones de las estaciones de un Tren de Cercanías en la Región Metropolitana de Santa Cruz:

- **Distancia entre estaciones:** Considerando que un Tren de Cercanías debe reducir los tiempos de desplazamientos entre centros urbanos, estos deben estar distanciados entre 3 km a 5 km. y en algunos casos dependiendo de factores como la demanda del servicio estos pueden sobrepasar los 5km.

- **Centros urbanos de partida y finalización:** Es importante identificar las principales ciudades o centros urbanos que se encontrarán en cada uno de los extremos de los ejes férreos.

- **Consolidación urbana:** Es importante que ciertos tramos de la vía férrea se encuentren consolidados asentamientos humanos, o en todo caso tener proyecciones a ser consolidado, debido a que este hecho garantiza una demanda del servicio y promueve el desarrollo Orientado al Transporte.

- **Demanda de pasajeros:** Conocer la demanda y flujo de pasajeros en determinados ejes es de gran importancia para identificar si el servicio tendrá demanda.

- **Articulación con otros modos de transporte:** Para ello las estaciones que se encuentren en zonas ya consolidadas deberán estar ubicadas en sitios donde converjan el trazado de vías primarias o secundarias, parques industriales, zonas estratégicas para que puedan ser accesible ante la implementación de otros tipos de transporte público.

En la Región Metropolitana de Santa, solamente el eje sur y parte del eje norte se encuentran consolidados con asentamientos humanos, situación que dificultaría implementar estaciones de gran tamaño, o en todo caso realizar las debidas expropiaciones.

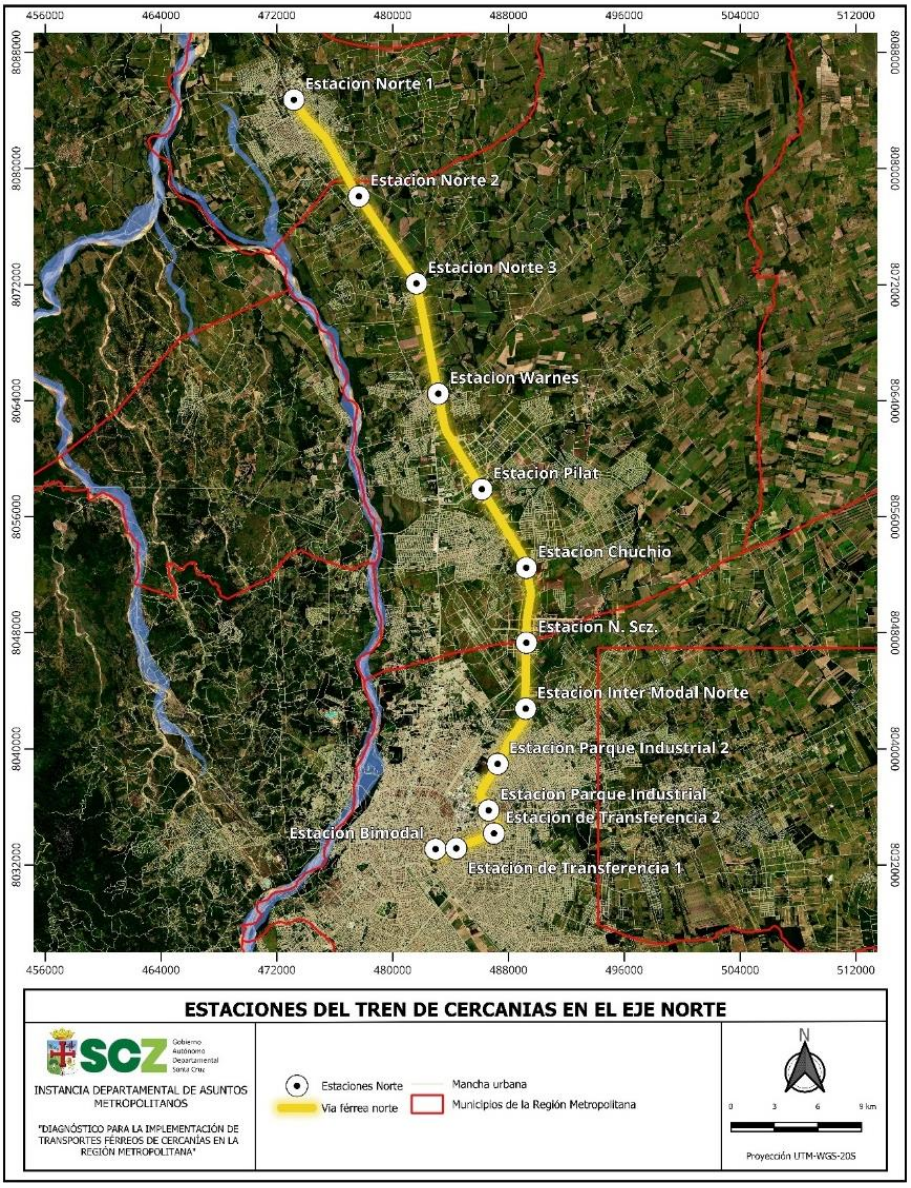
Mientras que, en la zona norte y este de la región metropolitana, el territorio se encuentra fraccionado, es decir ya urbanizado, pero no se encuentran consolidados, este hecho genera una gran oportunidad en comparación a las zonas ya consolidadas donde las posibles expropiaciones incrementarían el costo total del proyecto. En ambos ejes tanto el norte como el este, es posible visionar estaciones estratégicas que permitan servir a la gran cantidad de predios ya fraccionados y vendidos que poco a poco se consolidarán y demandarán el servicio. Respecto a los posibles costos de expropiación, estos serían bajos en comparación a las zonas ya consolidadas.

Además de ello, planificar rutas viales estratégicas que sean alimentadoras de las estaciones del Tren de Cercanías es más factible, debido justamente a la baja densidad poblacional en aquellos lugares del eje norte y el eje sur.

34. ESTACIONES EN EL EJE NORTE

A continuación, se presenta las estaciones que pueden consolidarse en el eje norte:

Figura No 232 Estaciones en el Eje Norte



Fuente: Elaboración propia

34.1. Análisis de entorno de las estaciones del eje norte

Cuadro No 76 Estación Norte 1 (Montero) y Estación Norte 2

Estación Norte 1 - Montero		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Capital municipal de Montero
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación Norte 2		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Media

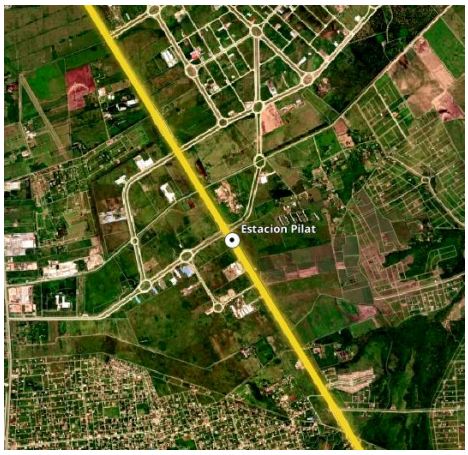
Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 77 Estación Norte 3 y Estación Warnes

Estación Norte 3		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Baja
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Baja
Estación Warnes		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Capital municipal de Warnes
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 78 Estación PILAT y Estación Chuchío

Estación PILAT		
	**Entorno fraccionado/urbanizado**	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Media

Estación Chuchío		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Media

Fuente: Elaboración propia

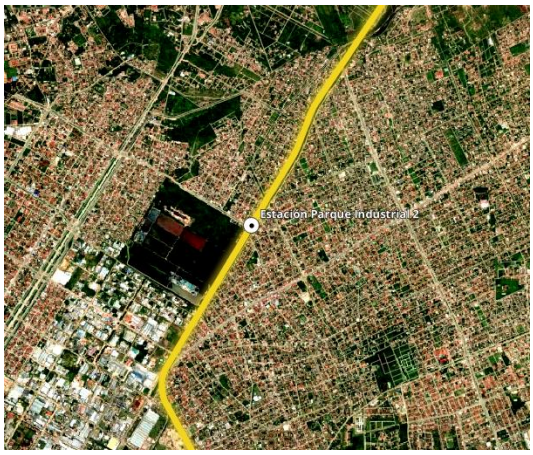
Cuadro No 79 Estación Nueva Santa Cruz y Estación Intermodal Norte

Estación Nueva Santa Cruz		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación Intermodal Norte		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 80 Estación Parque Industrial 2 y Estación Parque Industrial 1

Estación Parque Industrial 2		
	**Entorno fraccionado/urbanizado**	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta
Estación Parque Industrial 1		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 81 Estación de Transferencia 2 y Estación de Transferencia 1

Estación de Transferencia 2		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación de Transferencia 1		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 82 Estación Bimodal

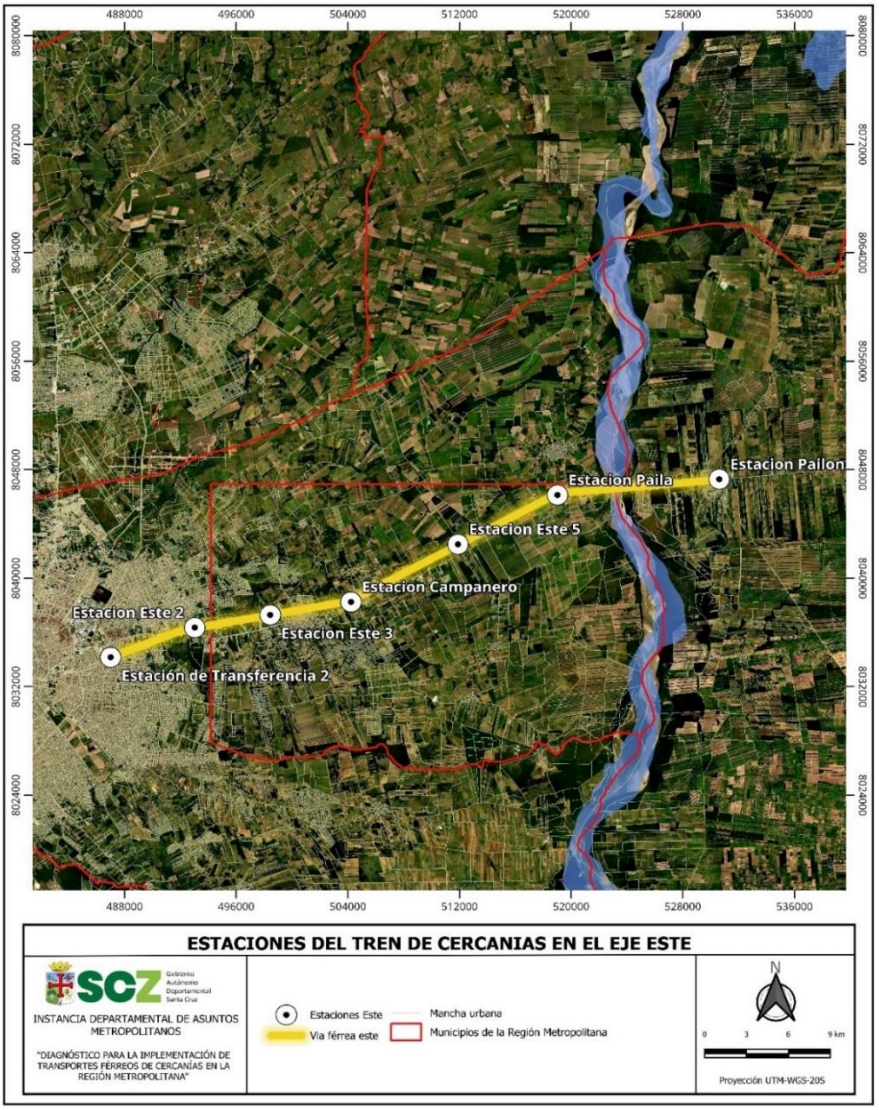
Estación Bimodal		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

35. ESTACIONES EN EL EJE ESTE

A continuación, se presenta las estaciones que pueden consolidarse en el eje norte:

Figura No 233 Estaciones en el Eje Este



Fuente: Elaboración propia

35.1. Análisis de entorno de las estaciones del eje este

Cuadro No 83 Estación de Transferencia 2 y Estación Este 2

Estación de Transferencia 2		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación Este 2		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 84 Estación Este 3 y Estación Campanero

Estación Este 3		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Capital municipal de Cotoca
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación Campanero		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Media

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 85 Estación Este 5 y Estación Puerta Pailas

Estación Este 5		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Baja
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Baja

Estación Puerto Pailas		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Media

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 86 Estación Pailón

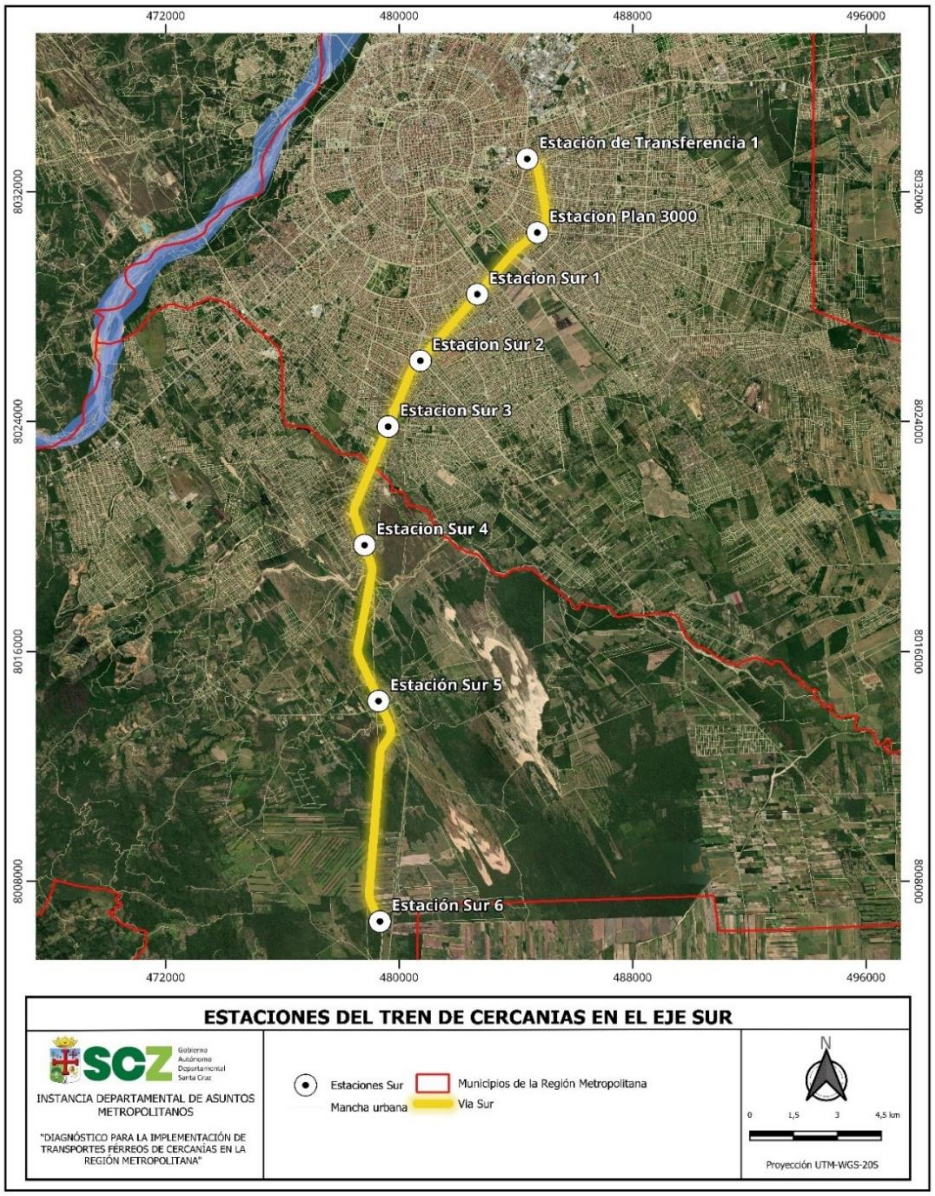
Estación Pailón		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Si
	Tipo de centro urbano	Capital municipal de Pailón
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

36. ESTACIONES EN EL EJE SUR

A continuación, se presenta las estaciones que pueden consolidarse en el eje norte:

Figura No 234 Estaciones en el Eje Sur



Fuente: Elaboración propia

36.1. Análisis de entorno de las estaciones del eje sur

Cuadro No 87 Estación de Transferencia 1 y Estación Plan 3000

Estación de Transferencia 1		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación Plan 3000		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 88 Estación Sur 1 y Estación Sur 2

Estación Sur 1		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación Sur 2		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Fuente: Elaboración propia

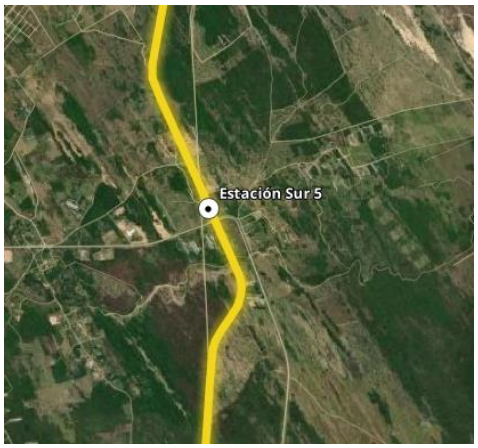
Cuadro No 89 Estación Sur 3 y Estación Sur 4

Estación Sur 3		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Alta
	Tipo de centro urbano	Centro urbano consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Alta

Estación Sur 4		
	Entorno fraccionado/urbanizado	Si
	Entorno consolidado	Media
	Tipo de centro urbano	Centro urbano emergente
	Estimación de la demanda del servicio	Media

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 90 Estación Sur 5 y Estación Sur 6

Estación Sur 5		
	**Entorno fraccionado/urbanizado**	No
	Entorno consolidado	Baja
	Tipo de centro urbano	Centro urbano no consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Baja

Estación Sur 6		
	Entorno fraccionado/urbanizado	No
	Entorno consolidado	Baja
	Tipo de centro urbano	Centro urbano no consolidado
	Estimación de la demanda del servicio	Baja

Fuente: Elaboración propia

37. TIPOLOGÍAS DE ESTACIONES

Para la implementación de un Tren de Cercanías que opere en la Región Metropolitana de Santa Cruz, requerirá diferentes tipos de estaciones que satisfagan la demanda de los usuarios, de acuerdo

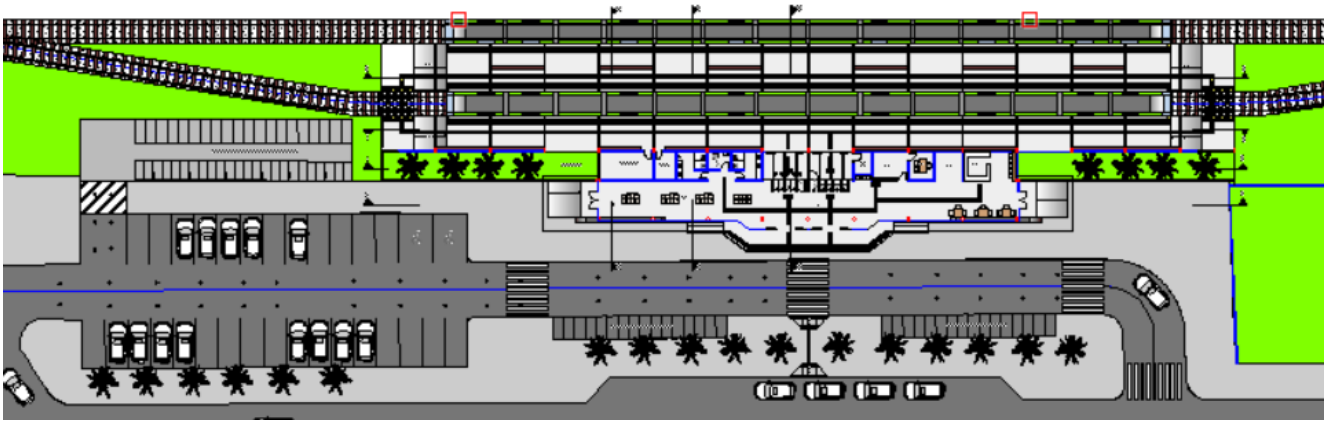
con la ubicación, volumen de demanda y transferencia de un eje a otro. En ese sentido se identificaron que deben desarrollarse al menos 3 tipos de estaciones, descritas a continuación:

37.1. Estaciones principales

Estas estaciones son aquella que se encuentran establecidas en las capitales de los municipios que forman parte de la ruta del Tren de Cercanías, tiene la característica particular de atender un alto flujo de pasajeros. Además de ser estratégicos para el manejo de altos volúmenes de usuarios, deben ser integrales para la operación tanto de pasajeros como de carga.

Este tipo de estaciones se recomienda implementarse en el municipio de Montero, en el municipio de Cotoca, Pailón y en la estación intermodal Norte y en la Terminal Bimodal. Lógicamente por cada localización el diseño varia para adaptarse a la configuración vial y las dimensiones y características de los lotes elegidos.

Figura No 235 Esquema de estación principal



Fuente: Elaboración propia

37.2. Estaciones dobles

Una de las características de los trenes de cercanías, es que estos se desplazan en ambas direcciones (ida y vuelta) por un solo carril, sin la necesidad de dar una vuelta en “U” como lo hacen los vehículos tradicionales, por ello es fundamental pensar en estaciones que permitan a los pasajeros de un eje a otros sin altos inconvenientes.

El Tren de Cercanías de la Región Metropolitana tiene tres ejes o rutas o cubrir, por lo tanto, se requerirá 2 estaciones de transferencia, la primera estación conectará a la ruta del eje sur con el eje norte, y la segunda estación conectará el eje este con el eje norte.

Estas estaciones permitirán que los usuarios pasen de un “línea” a otra.

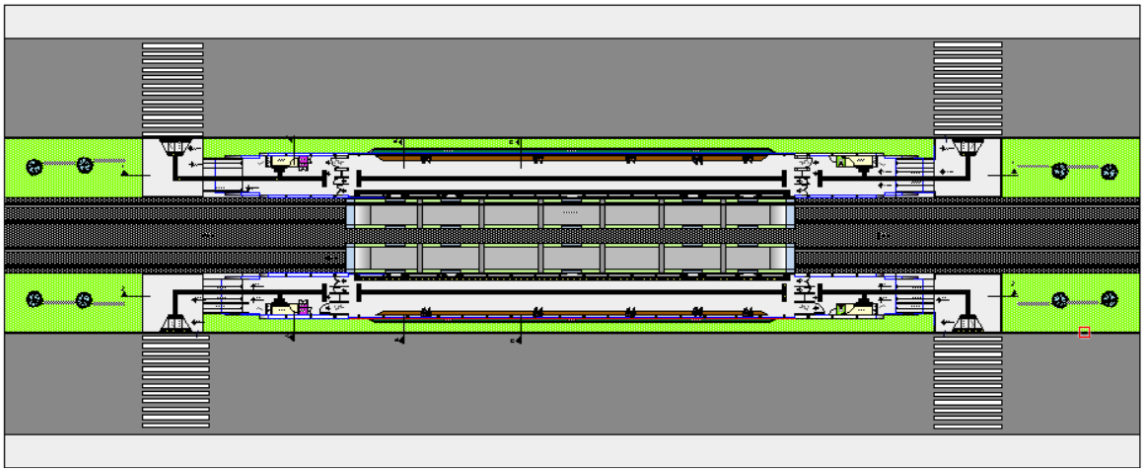
Figura No 236 Esquema de estación doble

Fuente: Elaboración propia

37.3. Estaciones simples

Estas estaciones se caracterizan por estar ubicadas en lugares con baja densidad poblacional, zonas que actualmente se encuentran fraccionadas/urbanizadas, pero no cuentan con asentamientos humanos consolidados. Estas estaciones son estratégicas para fomentar el “Desarrollo Orientado al Transporte”, y promover la densificación de los predios ubicados en alrededores de las estaciones.

Figura No 237 Esquema de estación simple

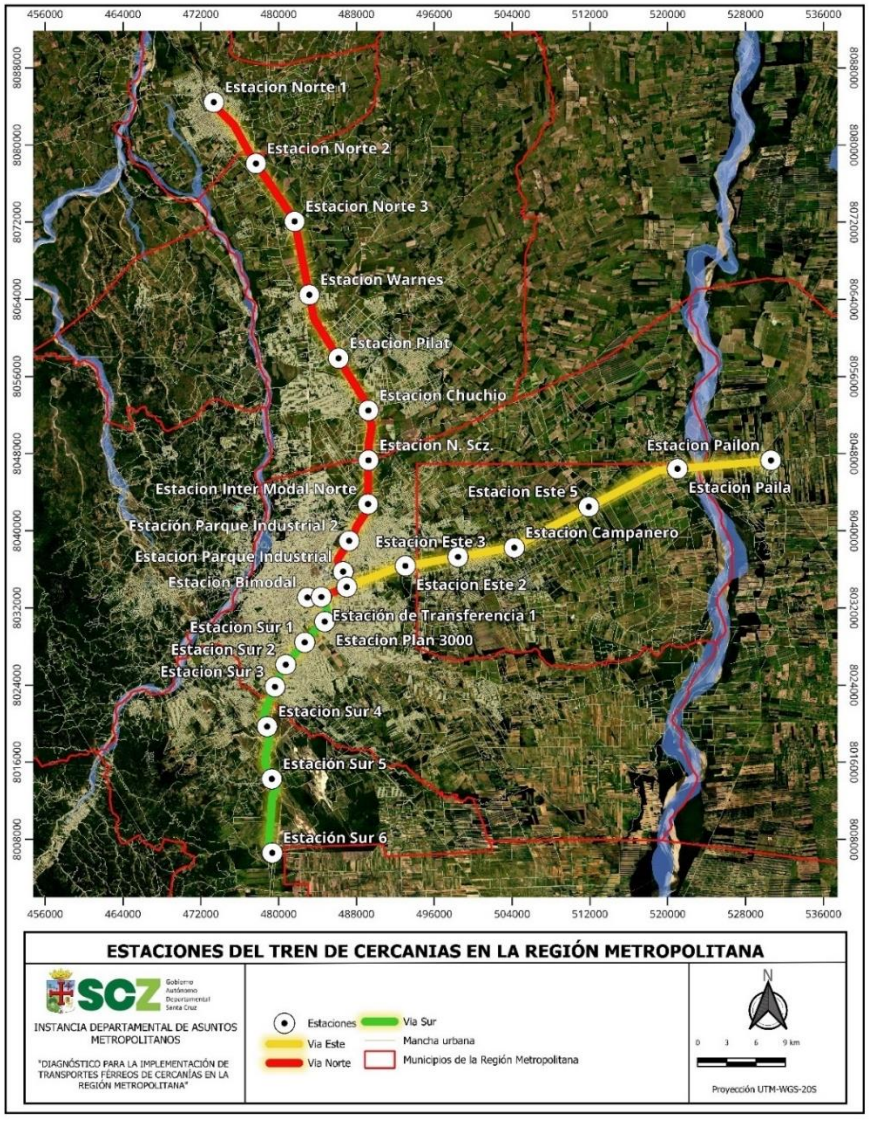


Fuente: Elaboración propia

38. ESTACIONES TOTALES DEL SISTEMA DE TRANSPORTES FÉRREOS DE CERCANÍAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

En el siguiente mapa se presenta la cantidad de estaciones que operarían con “Tren de Cercanías”, (24 en total) conectando centros urbanos consolidados y poder convertirse en una alternativa de desplazamiento metropolitano.

Figura No 238 Estaciones del Tren de Cercanías

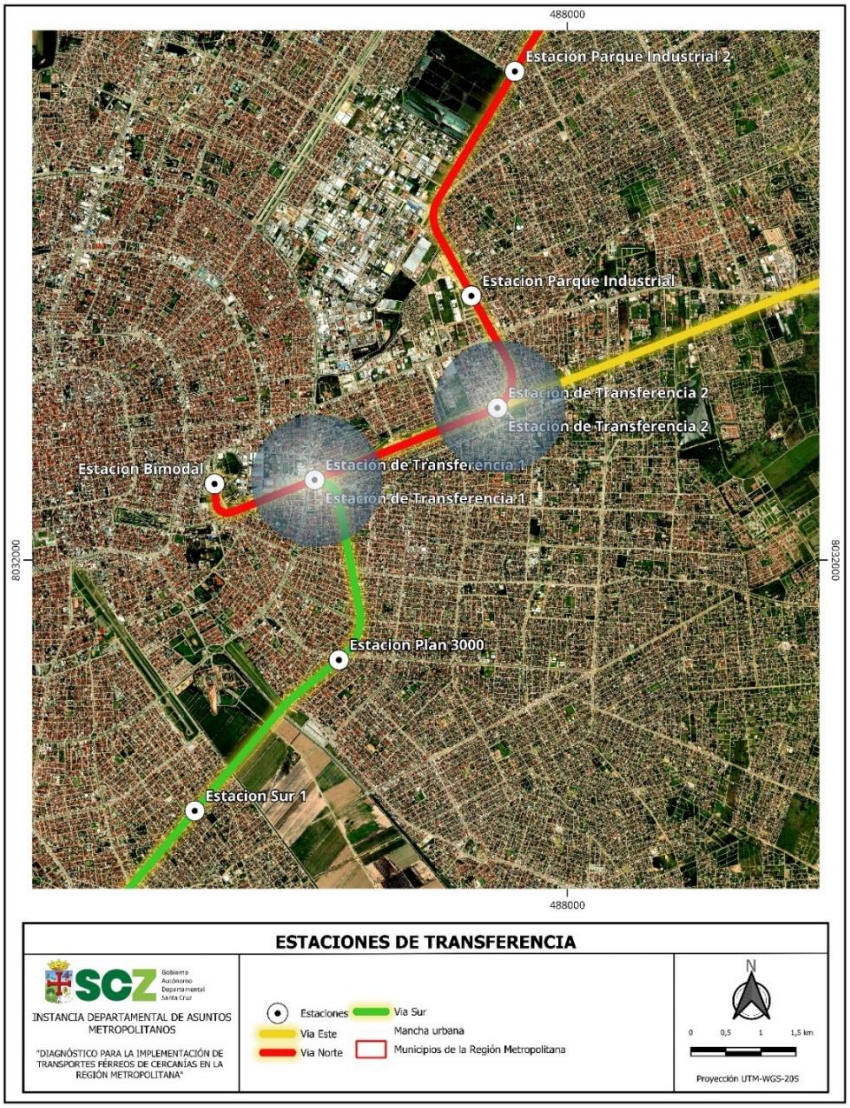


Fuente: Elaboración propia

38.1. Estaciones dobles

En el siguiente mapa se presenta las ubicaciones de las “Estaciones de transferencia”, que permitirán a los usuarios poder pasar de una línea/eje a otra, cabe aclarar que las estaciones de transferencia es una propuesta que requerirá un análisis específico posterior para determinar los espacios necesarios para la infraestructura.

Figura No 239 Estaciones dobles



Fuente: Elaboración propia

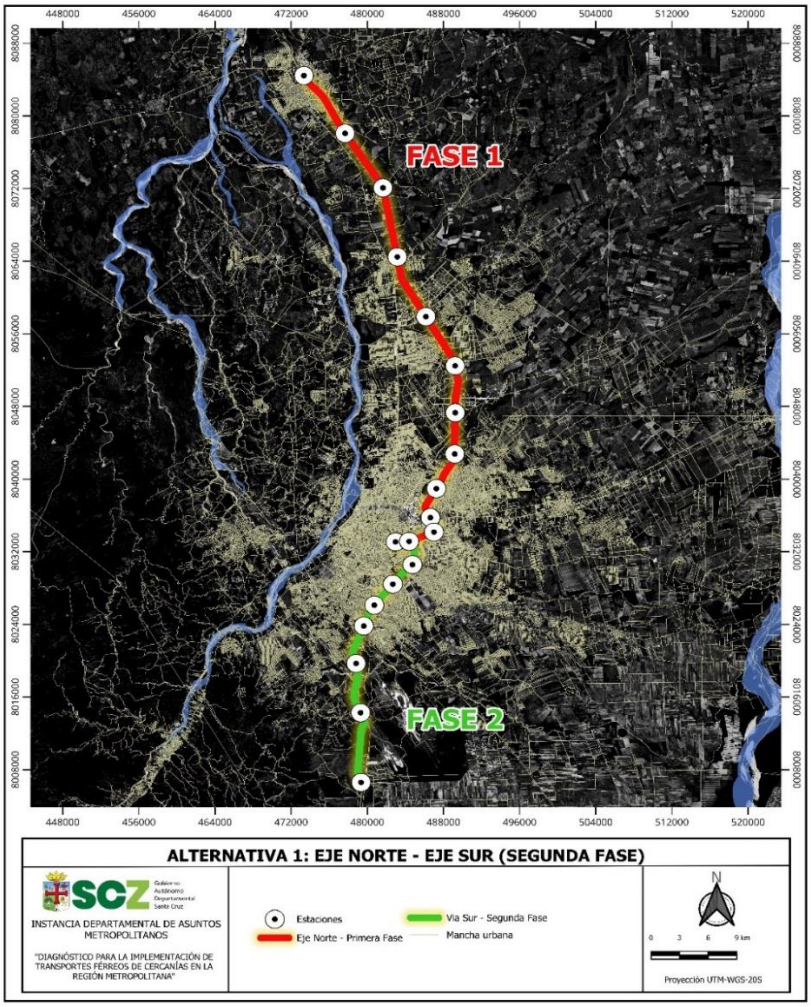
39. FASES DEL TREN DE CERCANÍAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Para la implementación de los tres ejes se considera 2 alternativas para el orden de las fases, la primera indiscutiblemente será el eje norte, mientras que la segunda fase se analiza en el presente acápite, y la tercera es la que complementa el sistema.

39.1. Alternativa 1: Eje norte – Eje Sur (como segunda fase)

La primera alternativa sugiere iniciar el sistema de transportes férreos de cercanías por el eje norte, y seguidamente el eje sur, para posteriormente ser consolidado con el eje este.

Figura No 240 Alternativa 1 para la implementación de las fases del Tren de Cercanías

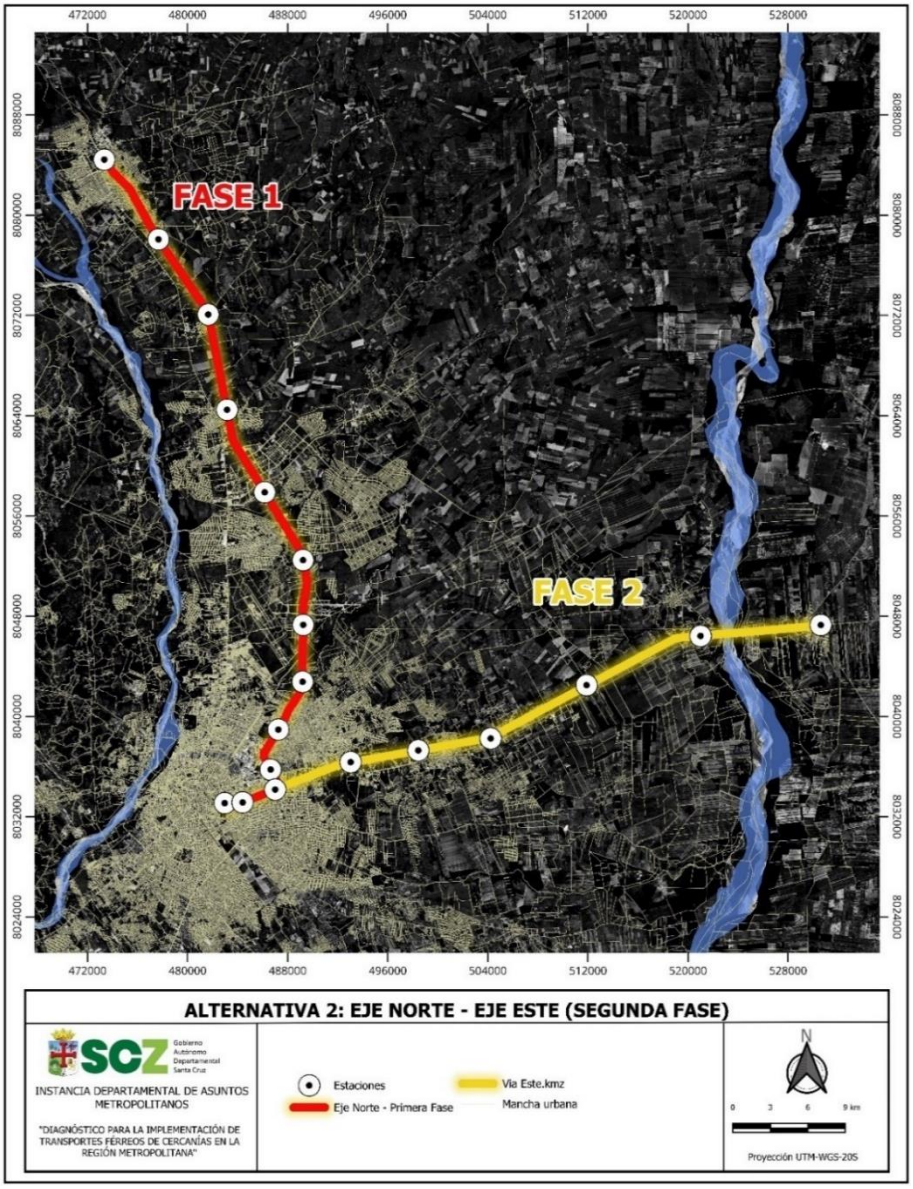


Fuente: Elaboración propia

39.2. Alternativa 2: Eje norte – Eje Este – (como segunda fase)

La segunda alternativa considera al eje este como la fase 2 en la implementación del sistema férreo del transporte férreo de cercanías para la Región Metropolitana. Ver el siguiente mapa.

Figura No 241 Alternativa 2 para la implementación de las fases del Tren de Cercanías



Fuente: Elaboración propia

39.3. Análisis de alternativas para la implementación de la fase 2, del Tren de Cercanías

A continuación, se presenta un análisis comparativo entre las 2 alternativas de la Fase 2 (cualitativas - cuantitativas) propuestas la complementación a la FASE1 (eje norte), con el fin de conocer los impactos directos que tendrá la Región Metropolitana de Santa Cruz.

El análisis consiste en asignar un puntaje del 1 al 3 en cual los valores significan lo siguiente:

- Valor (1): Tiene condiciones mínimas respecto a la variable
- Valor (2): Tiene condiciones favorables respecto a la variable
- Valor (3): Tiene las mejores condiciones respecto la variable

Cuadro No 91 Análisis para la identificación de la FASE 2 del Tren de Cercanías

FACTORES INFLUYENTES	ALTERNATIVA 1 (eje sur como segunda fase)	Puntaje	ALTERNATIVA 2 (eje este como segunda fase)	Puntaje
Derecho de vía disponible	Derecho de vía existente	3	Derecho de vía existente	3
Vinculación de principales centros urbanos y Distritos de la RMSCZ	Vinculación de capitales municipales y centros urbanos emergentes.	3	Vinculación de capitales municipales y centros urbanos emergentes.	2
Población circundante	Presenta la mayor densidad al considerar el norte-sur de la RMSCZ (urbanización continua)	3	La población se encuentra dispersa en diferentes centros poblados (urbanización no continua)	2
Articulación con el sistema vial	Presenta más oportunidades de vinculación mediante los anillos, radiales y avenidas principales de la zona sur del GAM de Santa Cruz de la Sierra	3	Presenta oportunidades estratégicas para vincular las estaciones con las principales vías de los asentamientos humanos de las zonas circundantes (actualmente con baja densidad)	2
Demanda de usuarios	(229.629 usuarios/día flujo eje norte), más la población de los distritos del sur del GAM de Santa Cruz de la Sierra. (no se cuenta con datos del flujo	2	(229.629 usuarios/día flujo norte, más 112.257 usuarios/día flujo este)	3

	de usuarios de los distritos del sur de Santa Cruz de la Sierra)			
Demanda inmediata para las estaciones	El eje metropolitano norte sur, permite brindar poblacional/usuarios a las estaciones para cubrir su capacidad.	3	El norte presenta condiciones óptimas de densidad para cubrir la capacidad de las estaciones, mientras que en el eje este se identifican vacíos de densidad	2
Oportunidades de complementar a otros modos de transporte	Debido a la relación directa con la urbe central metropolitana, este puede vincularse con proyectos de BRT, ciclovías, etc. que permitan a la población acceder a las estaciones.	3	Permitirá ser complementado por proyectos de transporte de los municipios hasta las estaciones.	3
Dependencia de otros Proyectos Estratégicos vinculables	(Hub Viru Viru), independiente del tiempo de su implementación, el eje norte – sur puede cubrir sus operaciones solo con el transporte de pasajeros	3	(Hub Viru Viru – Clúster Industriales) Independientemente del tiempo de su ejecución, el eje este solo atendería transporte de pasajeros, aunque su mayor potencial es el transporte de carga.	2
TOTAL		**23**		**19**

Fuente: Elaboración propia

39.4. Alternativa más óptima para la Región Metropolitana

Como resultado de analizar la complementación a la FASE 1 EJE NORTE, se identificó que la mejor opción en el mediano plazo es el eje sur (con 23 puntos), convirtiéndose este en la FASE 2, debido principalmente a la mayor densidad poblacional que se presenta y las oportunidades que se tiene en aprovechar los anillos y radiales de la zona sur del municipio de Santa Cruz de la Sierra con cada una de las estaciones del eje sur, permitiendo de esa manera contar con sistema de transporte complementario con otros modos de transporte.

Mientas que la FASE 3 (con 19 puntos) del Tren de Cercanías en la Región Metropolitana, vendría a ser el eje este, este eje es considerado como la entrada de la Subregión Chiquitana y del este del Departamento hacia la Región Metropolitana de Santa Cruz, y será aprovechado aún al desarrollarse el proyecto de HUB Viru Viru y los Clúster Industriales.

40. EXPROPIACIONES NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TREN DE CERCANÍAS

Expropiación en el derecho de vía

En el análisis realizado en el presente estudio, se identificó el reaprovechamiento del actual derecho de vía de la Región Metropolitana, por lo que no es necesario expropiar territorio para la implementación de las nuevas rieles necesarias del proyecto. Cabe aclarar que cada eje requiere para su implementación un estudio específico de condiciones previas a Diseño Final.

Figura No 242 Derecho de vía del sistema férreo RMSCZ

Fuente: Fotografía Google Maps.

Expropiación requerida para las estaciones

En el caso de las estaciones, el estudio a Diseño Final que se recomienda realizar para cada uno de los ejes, identificará técnicamente la superficie necesaria para su construcción y futuras ampliaciones de ser necesario.

Sin embargo, en el presente estudio se identifica que la mayoría de las estaciones cuentan con espacios a disponibilidad en su entorno, esto permitirá una expropiación más ágil que en aquellos lugares donde ya se encuentran asentamientos consolidados.

SECCIÓN 10 – MATERIAL TRACTOR Y MATERIAL RODANTE MÁS ÓPTIMO PARA LOS TRENES DE CERCANÍAS

41. MATERIAL TRACTOR Y RODANTE

41.1. Resumen de características técnicas

A continuación, se presentan las características técnicas básicas comunes a los modelos de tren de los principales fabricantes europeos y que se proponen para el proyecto de Tren Metropolitano de Santa Cruz.

Características básicas generales:

Longitud de la unidad tranviaria: 34 - 36 metros nominales.

- Ancho: 2,40 - 2,50 m.
- Entre-eje: 1435 mm.
- Alimentación / Captación Energía: Bitensión Catenaria-Pantógrafo 750 / 3000 VCC.
- Porcentaje de Piso bajo: 100%

Características Dinámicas:

- Velocidad máxima del material rodante: 100 km/h.
- Velocidad máxima de diseño/operación: 50 km/h (urbano, plataforma reservada), 20 km/h (urbano, plataforma compartida) y 100 km/h (interurbano)
- Aceleración de Servicio: 1,3 m/s2
- Deceleración / Frenado de Servicio: 1,2 m/s2
- Radio horizontal mínimo: 25 m. Capacidad:
- Configuración de asientos: Distribución modular y configurable según el cliente.
- Capacidad máxima total (sentados + de pie): aproximadamente 250 pasajeros por unidad

41.1.1. Condicionantes. normativa aplicable

Condiciones climatológicas

Se deberá prever las altas temperaturas que se pueden alcanzar en el interior de armarios, cofres y similares debidos a los rayos del sol y a la circulación al aire libre, durante períodos de tiempo sostenidos, que los equipos eléctricos y electrónicos deberán poder soportar sin menoscabo. Así mismo, se garantizará que ninguna de las partes del vehículo pueda llegar a alcanzar temperaturas de más de 70ºC, tratando, en la medida de lo posible, de que toda disipación térmica se realice por ventilación natural.

Todos aquellos equipos que presenten influencias térmicas (motores, reductores, aire acondicionado, etc.) usarán como base de cálculo la gama de temperaturas exteriores entre -5º C y +45ºC.

Las cajas que componen una unidad de tren y el conjunto en general estarán preparados para pasar largos períodos circulando y estacionados a la intemperie sin sufrir ningún daño. El conjunto será totalmente impermeable y no habrá entrada de agua, ni siquiera trazas, en cofres, motores, puertas, ventanas, captadores y demás elementos componentes de la unidad.

Se tendrá en cuenta en el diseño que la unidad deberá poder ponerse en marcha después de un estacionamiento prolongado (una noche o más) con temperaturas que pueden llegar a los -5ºC, sin que ninguna de sus partes quede afectada, como por ejemplo: las articulaciones del pantógrafo, mecanismos de apertura de puertas, ventanas, etc.

Características de la catenaria

A continuación, se resumen las características de las catenarias bajo las cuales deberá funcionar el material móvil. Para más detalles, debe acudirse a la especificación técnica de Línea Aérea de Contacto.

Condiciones de operación:

El sistema de catenaria se ha diseñado para las siguientes condiciones de operación:

- Tensión nominal 750/3000 Vcc.
- Velocidad máxima del material móvil aproximadamente 100 km/ h (según el tramo).

Gradiente de catenaria

Cumpliendo la norma EN 50119:2001, si es necesario instalar la catenaria con gradiente, se aceptará una reducción en la velocidad máxima del material móvil. Según dicho gradiente de catenaria, se aceptan las siguientes reducciones de velocidades.

Cuadro No 92 Características técnicas del eje norte

Gradiente de catenaria	Variación del gradiente	Velocidad a suministrar (km/h)
6%	3%	10
4%	2%	30
2%	1%	60

Fuente: Elaboración propia

Condiciones ordinarias y extraordinarias de circulación

El vehículo deberá poder operar de manera ordinaria en servicio comercial en la línea del Tren Metropolitano de Cochabamba. Todas las características relevantes de la línea se han suministrado en puntos precedentes de este documento.

El vehículo operará en un régimen bidireccional, lo que implica que será necesario un vehículo con dos cabinas de conducción que pueda funcionar en los dos sentidos.

Deberá también poder acoplar cajas adicionales intermedias para incrementar la capacidad total de la unidad así como la posibilidad de operar en unidad simple o múltiple (entendiendo unidad múltiple como 2 trenes acoplados). Un modo extraordinario de circulación es una unidad en vacío empujando o remolcando a otra unidad en vacío con la totalidad de sus equipos tracción-freno fuera de servicio.

Normativa aplicable

Además de las normas mencionadas a lo largo del documento, se aplicarán las siguientes normativas:

Las principales normas aplicables al material móvil son:

- EN 50121-3-1 – 50121-3-2 – 50126 * – 50155 – 50163 – EN 12 663 * – EN 13452
- IEC 1131 (para programas con tiempo de ejecución mayor que 100 ms) – 61287.1 – 60349-2 - 60077-1 – 60077-2 – 61133 *
- IEC 571
- IEC 1287
- ISO 2631-1 – 2631-2 – 3095 – 3381 – 9000-3 – 9001
- UIC 651 ó 564-2 *
- NFE 0-90-401
- NFF 63-808 – 63-826 – 31-052 * – 31-054 * – 31-129
- NF S 31-019 (ISO 3095) – S31-028 (ISO 3381)
- NFF 16-101 cat A2– 16-102

* parcial, o usada como guía

41.1.2. Capacidades y prestaciones

A continuación, se definen las prestaciones mínimas que debe tener el material móvil ofertado, así como, la capacidad de transporte de pasajeros que debe suministrar.

41.1.2.1 Capacidad de transporte

Tamaño del tren y dimensiones (gálibos)

El tren a utilizar será de 2,40 (ó 2,50) metros de ancho, y tendrá longitud aproximada de 30 m., siendo su capacidad aproximada de unas 200 plazas, a partir de una ocupación nominal de 4 personas/m2.

Se cuidará que el gálibo entre la parte más baja del tren y el suelo (excepto ruedas) sea igual o superior a 100 mm, en recta, en curva, y en vía plana y con peralte.

Plazas y tasa de confort

La capacidad de transporte de pasajeros estará en torno a las 250 personas por tren (asumiendo una ocupación máxima de todos los asientos fijos ocupados y una densidad de personas de pie de 4 personas /m2). Entre el 25% y el 30% de las plazas serán plazas para pasajeros sentados, y el resto de pie.

Podrán presentarse diversas soluciones en cuanto a la distribución de asientos tratando de conseguir una alta capacidad de transporte y una gran facilidad de entrada y salida de pasajeros.

El vehículo permitirá, en todo lo posible, sin la incorporación de medios auxiliares en el material móvil, el fácil acceso de personas con movilidad reducida o con carritos de bebé, por sus propios

medios. Cada unidad dispondrá de, al menos, dos áreas destinadas a personas con movilidad reducida, accesibles desde ambos costados y adecuados para el posicionamiento seguro de dos pasajeros en silla de ruedas, permitiendo su acceso a través de las puertas dobles. Los pasajeros con movilidad reducida se sentarán en posición longitudinal al vehículo, y no transversal.

Se considerará un peso de 70 kg/pasajero, según norma EN12663-2000.

Se proporcionará la capacidad normal (CCN-4 PAS/m2), máxima (CCM-6 PAS/m2) y extraordinaria (CCE-8 PAS/m2) de la unidad propuesta. A efectos de cálculos y dimensionamientos mecánicos y eléctricos, se tendrá en cuenta la denominada capacidad extraordinaria de forma prolongada, mientras que las prestaciones siempre se especifican con el vehículo cargado en capacidad normal (CCN) salvo que se especifique lo contrario.

Composición (cajas, unidad simple o múltiple)

En cuanto a la composición, la unidad permitirá la incorporación de cajas adicionales intermedias así como la formación de trenes con una o dos unidades básicas. Para cualquiera de estas composiciones, el control de tracción y frenado, apertura y cierre de puertas, megafonía, etc., de todas las unidades integrantes de la composición se efectuará desde el puesto de conducción ocupado.

En ambos testeros se dispondrán acopladores para la unión mecánica, eléctrica y neumática (si aplica) de forma simultánea, que en composición simple quedarán ocultos e integrados en los testeros. Su utilización, en las fases de acople y desacople, se podrá realizar de forma rápida, simple y segura por un único agente, a pie de vehículo, y en cualquier punto de la geometría de la línea y cocheras (incluidas las curvas de radio mínimo). La duración de la operación (incluidos los posibles reinicios de cualquier software o parte informática) no será superior a los 3 minutos.

Las circulaciones se efectuarán indistintamente en unidad simple o doble, a voluntad del Operador del Sistema.

41.1.2.2 Prestaciones y características del vehículo

En los siguientes apartados se especifican varias prestaciones de obligado cumplimiento para que el material rodante seleccionado se considere adecuado a las necesidades del proyecto. Todos los valores, salvo que se indique lo contrario, se refieren al tren sobre una vía seca, limpia y en plano, alimentado a 750 Vcc, con el valor de carga de CCN (4 personas/ m2) y con las ruedas semi-usadas.

Velocidad

En condiciones de servicio normal, con las ruedas semi-usadas y con el tren en ocupación máxima (6 PAS /m2) el tren podrá alcanzar de manera habitual y permanente una velocidad de, al menos, 100 km/h.

En playas de vías en talleres, maniobras de acoplamiento y túneles de lavado el tren debe disponer de un sistema que con su activación por el conductor, limite automáticamente la velocidad a 3 km/h, con el objeto de poder realizar maniobras de aproximación con total seguridad.

No obstante, el vehículo podrá circular a una velocidad del 15% superior, permanentemente, sin que se produzca inestabilidad, envejecimiento prematuro de sus componentes ni deterioro en ninguna de sus partes y equipos. Los equipos, prestaciones, curvas características, etc., se diseñarán y entregarán para este valor superior de velocidad.

Potencia

La potencia normal de la unidad será su potencia en régimen continuo a la tensión mínima de alimentación (tensiones máximas y mínimas según EN 50163 / CEI 60850). Se definirá la potencia específica en régimen continuo en tara, carga normal y carga extraordinaria.

Aceleración

La aceleración nominal requerida al material móvil por construcción es de 1,3 m/s2, en las condiciones fijadas anteriormente. Dicha aceleración debe poderse utilizar para toda la gama de velocidades entre 0 y 35 km/h. Será aceptable un valor inferior (mínimo aceleración media 0,50 m/s2) en la gama de velocidades entre 35 y 80 km/h. Si por algún motivo la aceleración fuese inferior, deberá justificarse debidamente.

A partir de la velocidad máxima nominal del tren (80 km/h) se dispondrá de una aceleración residual de 0,2 m/s2 como mínimo.

El jerk nominal a considerar deberá ser 0,8 m/s3 (considerado tanto para el tirón de arranque como para los cambios de aceleración)

Estos valores serán regulables por el personal de mantenimiento y con una precisión de ajuste del 5% se podrán ajustar entre:

- Jerk: Entre 0,6 y 1,0 m/s3
- Aceleración: Entre 0,8 y 1,3 m/s2

Asimismo, deberán realizarse estudios de adherencia que justifiquen la obtención de tales prestaciones sin que se produzcan patinajes, incluyéndose los valores de los coeficientes de adherencia adoptados en función de las velocidades, valores que deberán cumplir las especificaciones de la ficha UIC 615.

Desaceleración

Para reducir la velocidad cuando el tren está en movimiento se dispondrá de tres frenos distintos, el de servicio, el de emergencia y el de seguridad cuyas prestaciones mínimas se especifican a continuación. En general y adicionalmente a lo aquí descrito, deberá cumplirse de manera completa y correcta la normativa UNE-EN 13452-1 “Aplicaciones Ferroviarias. Frenado, Sistemas de freno para transportes públicos urbanos y suburbanos”.

Se cumplirán los apartados desde 1 hasta 5 de la citada norma, y los puntos específicos para materiales tipo “Trenes y vehículos ferroviarios ligeros”.

Se especifican los principales puntos de esta normativa a continuación:

- Las unidades de tren deben disponer de al menos dos sistemas de freno independientes, de forma que el fallo o pérdida de uno de ellos no afecte al funcionamiento del otro. Además, uno de estos dispositivos debe seguir funcionando en caso de pérdida de la corriente de tracción.

- Uno de los frenos, por sí solo, debe ser capaz de asegurar la inmovilización de la unidad de tren estacionada, a plena carga y en la pendiente que se haya definido (freno de inmovilización en línea).

- Uno de los frenos (freno de estacionamiento), por sí solo, debe ser capaz de asegurar la inmovilización de la unidad de tren detenida, en vacío y en la pendiente que se haya definido. Este freno debe aplicarse por medio de un resorte o un dispositivo equivalente y el esfuerzo de frenado y su forma de transmisión deben ser exclusivamente mecánicos.

- Debe existir un freno independiente de la adherencia entre rueda y carril y también independiente de un fallo de la energía de tracción.

- Para alcanzar las prestaciones exigidas en el frenado de emergencia, se debe aportar una mejora de la adherencia con arena o similar. Estas medidas se deben diseñar de modo que la fiabilidad de su funcionamiento esté asegurada en las condiciones meteorológicas más desfavorables. Respecto a la cantidad y tipo de arena, deben

determinarse mediante ensayos o en base a la experiencia adquirida, para conseguir una mejora fiable de la adherencia.

- Los areneros o equipos equivalentes deben funcionar de modo automático cuando se produzca una demanda de frenado de emergencia, o en otros casos que se definan.

Freno de servicio:

El freno de servicio debe poder proporcionar una deceleración de 1,2 m/s2 bajo cualquier condición de operación (carriles secos ó mojados, tren en tara o en ocupación máxima, etc.), en vía recta y en plano, con el tren cargado con su ocupación máxima. Constará de dos sistemas de freno, especificados a continuación:

Freno eléctrico regenerativo: El freno de servicio, en la medida de lo posible, inyectará la energía recuperada del frenado en su sistema de autonomía. Si ello no es posible entonces la energía se inyectará en la catenaria, para que pueda ser recuperada por otros trenes que estén en proceso de arranque. Todo el exceso de energía que no se pueda recuperar para el sistema de autonomía o la catenaria, se disipará en reóstatos instalados en el tren. Tales reóstatos estarán dimensionados para poder resistir un frenado reostático permanente.

Freno mecánico: Este freno mecánico dispondrá de las mismas prestaciones en cuanto a deceleración que el eléctrico regenerativo.

Es deseable que la consecución de los valores de deceleración máxima de servicio (1,20 m/s2) se alcancen mediante freno eléctrico 100%.

Freno de emergencia:

Habrá de ser capaz de garantizar una deceleración entre 2,3-3,0 m/s2.

Se basará en el uso de un sistema de freno mecánico combinado con un freno electromagnético de vía, independiente de la adherencia rueda-carril. Si este sistema de freno precisara de aportación de energía para su funcionamiento, ésta se tomará de la catenaria en primer lugar y si ello no es posible, del sistema de autonomía de la unidad. Si la unidad no dispone de sistema de autonomía, deberá proponerse una solución que asegure esta frenada en caso de pérdida de alimentación de catenaria. Los órganos de mando de este tipo de freno serán tales que no podrán aplicarse de manera inconsciente y el uso del frenado de emergencia quedará grabado en la caja negra del tren.

Los trenes se equiparán con un sistema antirrodamiento (anti roll-back) por el que, si estando la unidad parada comenzara a moverse sin haber solicitado tracción, se active el freno de emergencia.

Freno de seguridad:

El tren dispondrá de un equipo de freno de seguridad que deberá tener un nivel de seguridad más elevado que el del freno de servicio y que el de emergencia. Se tendrá en consideración que ninguna avería individual puede hacer disminuir sus prestaciones por debajo de una deceleración de 1 m/s2, así como la fiabilidad de este sistema de freno, que será considerada contractual.

Freno de estacionamiento:

La unidad irá equipada con un freno de estacionamiento capaz de mantener parada una unidad múltiple en carga excepcional (8 personas /m2) en tramos de pendiente máxima de las líneas durante un tiempo indefinido.

El freno de estacionamiento habrá de llevar un dispositivo que permita su activación manual en caso de emergencia. El freno de estacionamiento podrá funcionar al 100% de sus prestaciones con la unidad sin alimentación eléctrica.

Ahorro de energía

El material móvil deberá disponer de un equipo embarcado que sea capaz de recuperar la energía de frenado para su posterior uso en tracción (batería de condensadores, volante de inercia, etc.) que permita un ahorro de energía de tracción de, al menos, el 25% del consumo en una circulación estándar sobre la línea comercial.

Para poder comprobar el buen funcionamiento del “energy saver” el IHM del conductor (pantalla de estado técnico del tren) podrá suministrar visualmente los valores de esfuerzos de tracción e intensidad de línea a cada momento, además del estado de los diferentes elementos. Dicha información podrá exportarse en un formato estándar y compatible con la mayoría de aplicaciones informáticas.

Carga máxima por eje

Para el material móvil del Tren Metropolitano de Cochabamba, se considerará una carga máxima por eje de 120kN (considerando el tren en ocupación excepcional CCE 8 personas/ m2).

Además, se buscará obtener el mayor peso adherente posible, por lo que se concentrarán los equipos, en la medida de lo posible, en los módulos que lleven bogie motor. Adicionalmente,

deberá repartirse la carga de la manera más uniforme posible entre bogies, ejes o ruedas (tanto la carga proveniente del peso propio como la carga asociada a los pasajeros).

Vida útil

El material móvil debe tener una vida útil de, al menos, 30 años, considerando un kilometraje anual de 100.000 km.

Compatibilidad electromagnética

Las unidades deberán respetar las siguientes condiciones de compatibilidad electromagnética:

Los sistemas de las unidades y todos sus subsistemas deben ser compatibles a nivel electromagnético con su entorno. No debe producirse ninguna emisión susceptible de causar perturbaciones a dispositivos pertenecientes a los usuarios, a equipos de terceras personas instalados cerca de la línea de tren, o a la operación normal de servicios de dominio público o privado (radio, TV, telefonía móvil y comunicaciones inalámbricas en general).

Todo equipo eléctrico o electrónico del tren debe poder funcionar satisfactoriamente en presencia de emisiones electromagnéticas ajenas, sean generadas por dispositivos próximos a la línea o sean generadas por los servicios públicos / privados mencionados en el párrafo anterior.

41.1.2.3 Explotación

Principios de explotación

La conducción será realizada por un único conductor, y el tren estará equipado con un dispositivo que asegure que la atención del conductor está efectivamente puesta en la conducción. Será un dispositivo de tipo “hombre muerto” que el conductor deberá accionar periódicamente, instalado en el manipulador de tracción, un pedal instalado en el suelo o cualquier otra instalación equivalente funcionalmente y a nivel de seguridad.

Modo de conducción

El conductor del vehículo tendrá a su disposición tres modos de conducción distintos:

Conducción normal:

La conducción normal se usará en servicio comercial. La conducción de los trenes será en marcha a la vista y respetando las limitaciones de velocidad impuestas por las placas y señales fijas de la línea y por las consignas de explotación.

Sólo es posible la conducción desde la cabina delantera del vehículo, y es imposible el mando simultáneo desde las dos cabinas. La primera cabina que se haya utilizado es la que activa la prioridad, y en caso de conflicto, se aplicará un freno de emergencia hasta la total detención del vehículo.

Un selector giratorio y con la posibilidad de enclavarse, permitirá al conductor realizar las acciones siguientes:

- La activación del vehículo.
- Poner en servicio la función “Conducción normal”.
- Poner en servicio la función “Conducción de maniobra”.

Cuando un conductor sale de la cabina, el vehículo queda preparado. Se pide que un tren preparado tenga el conjunto de sus funcionalidades activas (alumbrado, climatización, etc.) excepto las correspondientes a conducción y tracción que deben mantenerse aisladas y fuera de servicio hasta que se vuelva a seleccionar la puesta en servicio de un modo de conducción.

Conducción de maniobra:

Si el selector se coloca en esta posición, se limitará la velocidad del tren a 3 km/h por limitación del esfuerzo motor. Será una conducción reservada para maniobras de aproximación, para circulación en talleres y para las maniobras que requieran de un movimiento lento y mesurado en general.

Conducción en cocheras:

Será similar al modo de conducción de maniobra pero con límite 15 km/h, usado básicamente en cocheras para los movimientos técnicos.

Reversibilidad

El vehículo será 100% reversible, teniendo una cabina de conducción en cada extremo, y puertas de acceso en ambos flancos laterales.

Cabina de conducción

El material móvil será bidireccional, disponiendo de una cabina de conducción en cada extremo separada del compartimento de pasajeros. Dicha separación tendrá una puerta con una cerradura bloqueable desde el exterior y el interior. La puerta, una vez cerrada, no debe poder abrirse sin llave desde el exterior de la cabina, y desde dentro de la cabina se podrá abrir sin

llave. Se permitirá que el acceso del conductor a la cabina se realice desde el exterior del tren en lugar del compartimento de pasajeros, conservando la puerta las mismas funcionalidades citadas en el presente párrafo.

La cabina de conducción integrará, entre otros:

- Dos monitores para las cámaras-retrovisoras (en caso de que se consideren necesarias para sustituir a los espejos fijos).

- Un monitor con imágenes del compartimento de pasajeros. El sistema CCTV embarcado suministrará al conductor distintas imágenes del pasaje, con vistas desfilantes si se estima conveniente, particularmente de la zona de puertas. Adicionalmente, esta pantalla puede albergar, mediante una cámara externa, la función “marcha atrás”.

- Un equipo automático de diagnóstico y registro de averías que indicará en la pantalla del terminal de la cabina el tipo de avería detectada y los pasos a seguir para su reparación total o parcial. Adicionalmente, esta pantalla mostrará el estado técnico del tren (estado de los equipos, puertas, sistemas, así como información sobre el esfuerzo de tracción, el consumo de la Intensidad de línea, la tensión de catenaria a la que se está trabajando, etc.).

- En la pantalla del terminal de cabina se mostrarán los datos de explotación referentes al servicio comercial que está actualmente realizando el tren como, por ejemplo: el número de agente, número de unidad, número de línea, etc.

- Una pantalla SAE (Sistema de Ayuda a la Explotación) donde se le mostrará al conductor un sinóptico con la situación de su unidad, de manera general en la línea o respecto de la unidad que le precede y que le sigue. La pantalla e IHM (Interfaz Hombre – Máquina) SAE permitirá la gestión del sistema SAE embarcado, SIV (Sistema de Información al Viajero), Billetaje embarcado y los frontales de información.

El mando de los aparatos de vía, realizado a través de una botonera con tres (3) botones (petición a izquierdas, recto, a derechas). Dichos botones de mando de aguja se iluminarán cuando la antena IMU embarcada esté ubicada sobre el receptor en vía.

- El mando para el arenado de carril.
- Mando para el lavado automático del tren en cocheras.
- El terminal de radio TETRA (radioteléfono).
- Una radio portátil (walkie-talkie).
- Un pulsador de petición de paso a los cruces semaforizados, mediante radiofrecuencia.
- Un IHM para el sistema Frenado Automático Puntual (FAP) asociado a la señalización.

La cabina de conducción debe ser considerada un puesto de trabajo a todos los efectos, desde el inicio del diseño. Se hará especial énfasis en los puntos siguientes:

- Ergonomía y confort para el conductor y el acompañante
- Visibilidad
- Interfaces con los pasajeros
- Interfaces con la explotación
- Evacuación rápida del conductor en caso de urgencia
- Estética y personalización de la cabina

Ergonomía y confort

La función de ergonomía de la cabina consiste en instalar al conductor en una posición sentada óptima para efectuar, en su jornada de trabajo, todas las tareas de conducción de un tren.

La cabina debe permitir, con la puerta cerrada, la presencia de un acompañante o formador, que debe poder acceder fácilmente al freno de emergencia y al radioteléfono. Un agarre se instalará en su ubicación para que la persona pueda cogerse a él si es necesario.

Con tal de mejorar el confort del conductor, la cabina estará climatizada, con un reglaje de temperatura progresivo e independiente del compartimento de pasajeros. Se aceptará que la climatización de las dos cabinas funcione simultáneamente.

En modo degradado, la cabina debe poderse ventilar de manera natural, a través de ventanas laterales.

La comunicación entre las dos cabinas del mismo vehículo o entre cabinas de trenes acoplados debe ser por interfonía, del tipo manos libres.

La comunicación entre el tren y el PCC se efectuará a través de un sistema de radio (TETRA) que no forma parte del suministro del material móvil, pero tendrá las reservas necesarias para su instalación, respetando las normas de espacios y ergonomía, y realizar él mismo la instalación a partir de los materiales y especificaciones técnicas que le suministre el fabricante de la parte de Radio.

Las alarmas y los tratamientos de las incidencias se materializarán en una pantalla, que incorporará la ayuda para resolver incidencias (destinada al conductor) y un listado de las anomalías/alarmas que será usado por el Mantenimiento.

El asiento

El asiento del conductor será graduable en altura, en inclinación y en profundidad, en inclinación del respaldo y de los soportes lumbares y cervicales. Debe responder a las exigencias de ergonomía derivadas de su función de confortabilidad para conductores de distintos sexos y tallas. Los ajustes serán rápidos, sencillos de hacer y robustos.

Climatización /Calefacción/ Ventilación

La difusión del aire será lo más uniforme posible y la velocidad del aire no superará 1 m/s. El sistema debe asegurar un caudal de aportación de aire suficiente de acuerdo a normativas.

Un sistema climatización ajustable por el conductor se preverá para cada cabina. La temperatura interior estará gobernada en función de la temperatura exterior.

Las otras características del sistema de climatización de la cabina del conductor serán conformes a las prescripciones de la ficha UIC 553 OR.

Acondicionamientos varios

En la cabina se instalarán algunos elementos para acondicionarla mejor, concretamente se preverá un perchero o una caja para que el conductor deposite sus efectos personales, y agarraderas u otros elementos de seguridad equivalentes.

Iluminación interior

El nivel de iluminación dentro de la cabina será superior al del compartimento de los pasajeros. La iluminación será ajustable por el conductor. A su máxima potencia, llegará a los 300 lux a 1 metro del suelo.

Visibilidad

Para asegurar que la conducción es lo más segura posible, el conductor debe tener la máxima visibilidad desde su puesto de trabajo. La disposición de la cabina (parabrisas, asiento…) permitirán al conductor una visibilidad conforme la reglamentación UIC 617- 7 O.

Adicionalmente, el conductor debe poder distinguir un obstáculo de 1,20 metros de altura ubicado a 1 m por delante del vehículo. Adicionalmente se tratará de proporcionar la mejor visión posible hacia abajo y hacia arriba.

Parabrisas y ventanales laterales de cabina

El conjunto del parabrisas y los ventanales laterales permitirá una visión en horizontal de 180º, y se cuidará que los ángulos muertos entre el parabrisas y los ventanales laterales sean lo más reducidos posible.

Las ventanas frontales estarán montadas con una inclinación de por lo menos 8º y serán capaces de evitar el deslumbramiento del conductor (por el sol, luces fuertes exteriores durante las horas nocturnas, etc…)

Las ventanas laterales serán de vidrio laminado y tintado, y deben estar diseñadas para respetar.

Coeficiente térmico del tren como conjunto < 3W/m2.ºC

K Transmisión lumínica ≈ 0.6-0.7

Factor solar acristalamiento < 0.4

El parabrisas no estará tintado en la parte situada delante del conductor. Adicionalmente habrá un sistema antivaho para los cristales laterales.

Toda la cristalería de la cabina y del vehículo en general dispondrá de una adecuada resistencia mecánica y al impacto. Se recomienda que se sigan las normativas NF 31-

250. NFF 01 492, 1 y 2.

Equipos complementarios

Se instalarán algunos dispositivos complementarios para asegurar la visibilidad del conductor. Tales dispositivos cumplirán las siguientes funciones:

- Evitar el deslumbramiento, sea a través del parabrisas o de los cristales laterales. Se pide una solución de tipo panel deslizante o similar, que proteja efectivamente al conductor y no suponga un obstáculo para su visibilidad.

- Eliminar la lluvia u otros elementos que pudiera haber en el parabrisas. El dispositivo de limpieza debe limpiar la superficie manteniendo libre el cono de visión del conductor. Deberá ser prácticamente invisible en posición de reposo y no debe dañarse por el hecho de pasar por un túnel de lavado.

- Limpiar el parabrisas de la suciedad que pueda haberse acumulado pulverizando un líquido de limpieza. El depósito para dicho líquido debe ser prácticamente invisible, y de fácil apertura desde fuera.

Mandos y controles a disposición del conductor

Los mandos y los controles a disposición del conductor deben estudiarse en un marco común para evitar la multiplicidad de mandos y para asegurar la concisión de los mensajes que le son transmitidos.

Con este objetivo, la distribución de los equipos en el puesto de conducción debe ser la siguiente:

- En una zona primaria se instalarán todos los equipos, indicadores y mandos de primera importancia ó grado para la conducción del vehículo, la explotación o el servicio de las puertas

- En una zona secundaria se instalarán los equipos, indicadores y mandos de importancia secundaria, es decir, usados esporádicamente en la conducción, que el conductor debe poder accionar /maniobrar/ consultar en posición sentada

- Y finalmente en una zona terciaria, se ubicarán los mandos e indicadores de tercera importancia ó tercer grado, es decir, aquellos que no son necesarios para la conducción. Para accionarlos es aceptable requerir que el conductor se levante de su puesto.

En el presente documento se suministra una lista (no exhaustiva y en función de la configuración final de los equipos) de los elementos (señales y mandos) a instalar en el pupitre de conducción.

- Selector del tipo de marcha (normal, maniobras/lavado, cocheras)
- Selector del sentido de la marcha
- Velocímetro con cuentakilómetros
- Pulsadores de puesta en marcha de los sistemas auxiliares (pantógrafo, climatización, batería ó sistema de autonomía…)
- Pulsadores para el mando de apertura de puertas (autorización de lado de apertura, derecha/izquierda)
- Funciones anejas de puertas
- Micrófono y pulsador de megafonía interior
- Radioteléfono
- Mando de las luces exteriores (cortas, largas, posición, warnings…)
- Limpiaparabrisas, lavaparabrisas, antivaho
- Control de los espejos retrovisores o cámaras retrovisoras (si aplica)
- Parasol

- Botones de mando de agujas (3, izquierda, recto, derecha)
- Pantalla con estado técnico del vehículo y autodiagnóstico de fallos
- Hombre muerto (en manipulador, pedal o en ambos)
- Monitor de SAE
- Mando de las luces de la cabina
- Botón de prueba de lámparas (todas las del pupitre y alumbrados exteriores e interiores)
- Un pulsador de petición de paso a los cruces semaforizados, mediante radiofrecuencia
- Un IHM para el sistema Frenado Automático Puntual (FAP) definido en el Proyecto Constructivo asociado a la señalización.

Todos los monitores y pantallas que se oferten serán en color, de tecnología moderna y estará previsto su apagado parcial cuando no se estén usando para alargar su vida útil. En la oferta deberá definirse dicha vida media de los monitores.

Se ofertarán varios materiales para la carcasa del pupitre de conducción, teniendo en cuenta que debe ser fácilmente lavable, resistente a la abrasión y al calor, no debe decolorarse con el uso y debe ser inastillable. Será de concepción modular y será fácil desmontarlo de su peana para la revisión de conexiones y/o equipos.

Interface con los pasajeros

El conductor estará físicamente aislado de los pasajeros por una mampara transparente con una puerta. La puerta será de muy fácil apertura desde el interior de la cabina para facilitar la evacuación del conductor, y se podrá cerrar y bloquear desde dentro y desde fuera (por el conductor o por el personal de operación) esté la cabina ocupada o no. La puerta debe proteger al conductor de todos los esfuerzos y choques que puedan ser producidos por los pasajeros.

41.1.2.4 Transporte de pasajeros

El vehículo debe poder transportar al conjunto de la población. Entre otros, los distintos tipos de pasajeros incluyen:

- Las personas con cochecitos de niño
- Las personas con movilidad reducida (personas mayores, heridas o con discapacidad leve)
- Personas con movilidad reducida en silla de ruedas, con o sin ayuda
- Las personas con problemas de visión y los invidentes
- Las personas con problemas auditivos y los sordos
- Los pasajeros con bicicletas

Accesibilidad

Accesibilidad de los pasajeros

El piso del tren será 100% piso bajo, y tendrá unas alturas comprendidas entre 290 y

350 mm, con rampas de pendiente prácticamente inapreciable por los pasajeros. A continuación, se definen los requisitos básicos de accesibilidad.

La transferencia de pasajeros entre el andén y el tren debe diseñarse teniendo en mente dos objetivos distintos y contradictorios:

- Asegurar la comodidad y seguridad de los pasajeros que cruzan las puertas
- Realizar la transferencia en el tiempo más breve posible para minimizar el tiempo perdido en la parada

El dimensionamiento de las puertas responderá a los dos objetivos siguientes:

- Repartir las aberturas al todo el largo del lateral del tren
- Dimensionar esas aberturas del máximo tamaño posible
- Disminuir al máximo los tiempos de apertura y cierre de las puertas

Dichos objetivos han llevado a definir los criterios siguientes para el dimensionamiento y diseño de las puertas:

- Las puertas serán motorizadas y de montantes dobles (ancho total de la abertura debe permitir a dos personas el paso simultáneo a través de ella)
- 20% de longitud de puertas sobre longitud total de tren
- En el caso que la cabina del conductor no tenga salida directa hacia fuera, se admiten puertas sencillas en las extremidades del compartimento de pasajeros
- El suelo de las puertas deberá ser bajo y estar a la misma altura que los andenes (ver apartados anteriores)
- Las puertas tendrán una altura mínima de dintel de 1.95 metros

- El tiempo de cierre de las puertas será ajustable por personal de Mantenimiento entre 2 y 10 segundos. Adicionalmente las puertas podrán ser cerradas por el conductor.

Además, los botones de cierre de las puertas, interiores y exteriores, deberán estar ubicados en lugares visibles y accesibles (incluso para PMR), y ser de manipulación muy sencilla. La ubicación de los pulsadores para los PMR debe ser tal que su uso no les entrañe una dificultad a la hora de acceder al vehículo y deberán poderse accionar con la palma de la mano

La diferencia de altura entre el suelo de acceso de las puertas y el andén debe mantenerse entre +0 y +5 cm, sean cuales sean los valores de desgaste de rueda, vía y carga del tren. La distancia horizontal entre el coche y el andén deberá ser inferior a 5 cm. Se recomienda que la distancia vertical entre coche y andén no sea nunca negativa (estas distancias se conocen habitualmente como GAP). Dichos valores se han extraído del “Real Decreto por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad”, del apartado de Ferrocarriles Metropolitanos, puesto en vigor el 21 de noviembre de 2007.

Nota: Siempre respetando el reglamento que explotador desee plantear, los pasajeros deben poder transportar sus bicicletas sin que el entorno sufra ninguna degradación.

Accesibilidad del conductor

El conductor y el personal de explotación deben poder acceder a la cabina de conducción pasando por el compartimento de pasajeros, accediendo a él por una puerta próxima a la cabina. Esta puerta de acceso al tren debe poderse cerrar, abrir y bloquear desde el interior y el exterior del vehículo, con o sin presencia de energía eléctrica. Como se ha dicho antes, se admitirá que el acceso del conductor se realice directamente desde el exterior, respetándose las funcionalidades definidas.

Habitabilidad

Los trenes estarán concebidos para que el viajero perciba el viaje como agradable. Teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

Obtener una tasa de confort de entre el 25% y el 30% (tasa de confort entendida como la relación entre plazas sentadas y la ocupación en condiciones normales del vehículo, 4 personas /m2). Para el cálculo de esta tasa se pueden contabilizar los asientos abatibles.

Se priorizará una distribución de asientos transversal sobre una distribución longitudinal.

Los asientos, los apoyos para personas de pie (si los hay) y las barras de prensión existirán en número suficiente para permitir a todos los pasajeros mantenerse sujetos en caso de frenada de emergencia.

Acondicionamiento del vehículo

En los compartimentos y pasadizos del tren, los pasajeros pueden desplazarse, mantenerse en posición sentada o de pie.

Desplazamiento dentro del vehículo

Todos los pasajeros, con excepción de los PMR que se tratan más adelante en este mismo apartado, deberán poderse desplazar a través de los compartimentos y pasillos sin encontrar obstáculos que no puedan salvar.

Los PMR deberán disponer de una ruta que les lleve por tramos de piso bajo hasta un espacio donde puedan estacionarse con comodidad y a la vez librar el paso para más pasajeros. Las zonas por donde deba pasar el PMR deberán tener un ancho de paso de por lo menos 800 mm, incluso cuando a los lados haya pasajeros sentados. Cada acceso de PMR llevará por lo menos a dos ubicaciones donde se pueda estacionar una silla de ruedas con comodidad.

Pasajeros sentados

La oferta de plazas sentadas puede aumentarse instalando asientos abatibles, pero es imperativo que su uso por personas no presente ninguna interferencia con los anchos de paso, y deben estar instalados en sitios que insten a las personas que los utilicen a levantarse si el tren está funcionando con una carga superior a la CCN.

Pasajeros de pie

Las superficies en las que los pasajeros se estacionan en posición de pie, son los mismos a través de los que se desplazan. Las mismas restricciones citadas para las zonas de desplazamiento aplican a las zonas para estacionar de pie.

Modularidad

Se valorará que la distribución interior del tren sea modificable, y que se pueda cambiar, con poca inversión y esfuerzo, la distribución, el tipo y el número de asientos.

Pasillo de circulación entre cajas

Las cajas deberán estar comunicadas entre ellas por pasillos articulados de circulación. El pasillo será de construcción robusta y ligera. Resistirá a los esfuerzos que pueda recibir al circular por las vías.

Las cajas y el pasillo formarán una unión estanca, que impedirá la entrada de polvo o agua incluso en el lavado a mano y con máquina de lavar.

Se respetará una anchura libre de paso de 1.6 metros, en toda la sección del pasillo, y se valorará positivamente que se oferte una anchura mayor.

Asientos, apoyos y barras

Los puntos de apoyo y las barras deberán estar dispuestos de manera que el acceso, el desplazamiento dentro del vehículo y la salida de los distintos tipos de pasajeros no se vean impedidos, y se dedicará especial atención a las zonas PMR para estacionar la silla de ruedas.

Los asientos y apoyos tratarán de buscar un equilibrio entre el confort del viajero y el espacio ocupado para ofrecer un nivel de confort aceptable a un número grande de pasajeros.

Las barras tendrán una diferenciación cromática con el resto de la Unidad.

Asientos

Las dimensiones y el perfil de los asientos para los pasajeros estarán adaptados a las medidas estándares para la población. Podrán ser de tipo individual o para dos personas (tipo banqueta), y el ancho disponible para sentarse no será inferior a 45 cm.

Los asientos abatibles cuando estén en posición subida, estarán dimensionados para actuar como apoyo para una persona.

Los asientos cumplirán la siguiente serie de condiciones básicas:

- Su coloración se realizará sobre el total de la masa del asiento, no únicamente sobre la superficie (para minimizar los futuros repintados)
- Sus características de ergonomía y anatomía estarán estudiadas para evitar fatigar al pasajero por vibraciones
- No presentarán ningún ángulo vivo ni ningún borde cortante

- Tendrán un aspecto agradable
- Serán fácilmente desmontables e intercambiables usando herramientas específicas, y de bajo costo de sustitución
- Si existe tejido en los asientos será fácil de limpiar, resistente al fuego y al desgarro
- Se valorará que todos los asientos sean iguales e intercambiables entre ellos, o al menos por grupos de asientos
- El anclaje de los asientos, en la medida de lo posible, se realizará sobre los laterales del tren, dejando el suelo libre de obstáculos (dejando más espacio para las piernas del pasajero y facilitando las labores de limpieza de los interiores)

Apoyos y barras

Los apoyos y barras de enganche dentro del vehículo deben permitir el desplazamiento y la fijación de cada viajero con toda seguridad, sean las que sean su talla, peso y su posición en el vehículo. Todo esto, para todas las capacidades de carga del tren.

Adicionalmente, estos apoyos y barras de enganche no deben penalizar el desplazamiento, el acceso o la salida de los pasajeros, incluidos los pasajeros en silla de ruedas. Su posición no puede entrañar riesgo para los pasajeros en caso de movimientos intempestivos del vehículo. Las dimensiones de estos apoyos y barras deberán ser compatibles con toda la gama de potenciales pasajeros incluidos las personas con dificultades para agarrarse.

Ventanas

El compartimento de pasajeros tendrá ventanas fijas como norma general, pero al menos cuatro de ellas se podrán abrir por su parte superior, y estarán diseñadas de manera tal que sea imposible para una persona sacar la cabeza o los brazos por ellas. Para abrir o cerrar las ventanas será necesario el uso de una llave de explotación tipo cuadradillo o similar.

Las ventanas serán de vidrio laminado y tintado, y deben estar diseñadas para respetar:

Coeficiente térmico del tren como conjunto < 3W/m2.ºC (con ventanas cerradas)

K Transmisión lumínica ≈ 0.6-0.7

Factor solar acristalamiento < 0.4

Toda la cristalería de la cabina y del vehículo en general dispondrá de una adecuada resistencia mecánica y al impacto. Se recomienda que se sigan las normativas NF 31-250. NFF 01 492, 1 y 2.

Suelo

El pavimento del suelo del tren deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Buen aislamiento térmico
- Buen aislamiento acústico
- Resistente a las vibraciones
- Impedirá la entrada de agua bajo el mismo
- Será fácil de colocar para minimizar el costo de las reposiciones, totales o parciales
- Será de un material estándar fácil de adquirir como repuesto
- Será fácil limpiarlo con agua y productos de limpieza, sin que se deteriore por la humedad
- Deberá ser incombustible (entendido como cumplimiento de la normativa NF-F- 16-101)
- Imputrescible
- Debe tener calidad antideslizante, incluso cuando esté húmedo
- Debe conservarse en perfectas condiciones (sin abolsamientos, despegues, pérdidas de color…) durante diez años o 1.200.000 km, como mínimo.
- Debe ser resistente al calor, a los agentes químicos y a las quemaduras de cigarrillos.
- Las juntas del suelo con las paredes deberán ser totalmente estancas.

Paredes

El revestimiento de las paredes se efectuará con paneles enteros de material de resina de poliéster, fenólica o similar. Serán de un material resistente a las rayaduras que puedan tratar de hacer los pasajeros e incombustible, con una calificación mínima M1 (entendido como cumplimiento de la normativa NF-F-16-101). Tendrán coloración másica total y no necesitarán ser pintados. Se valorará que dichos revestimientos tengan un tratamiento anti graffiti.

Debajo del revestimiento se instalará una capa de material de características ignífugas M0F0 que no pueda desprender fibras. Se evitará el uso de materiales tipo lana mineral o de vidrio, y si son utilizados, se hará con protección de bolsa incombustible, como se indicó en el párrafo anterior.

Se procurará que los módulos de las paredes sean extraíbles con facilidad para simplificar y acortar las tareas de mantenimiento.

Techo

La parte interior del techo cumplirá las mismas condiciones que las paredes. Estará compuesto de módulos fijados y sujetados de tal forma que el traqueteo sea nulo, que no se suelten con facilidad y que no se hundan a largo plazo. La solución final para el techo dependerá de las decoraciones que se elijan, de las salidas de aire acondicionado, de las canalizaciones eléctricas para alumbrados y servicios, etc.

Confort

Confort dinámico

En el presente apartado se definirán los valores de aceleración, vibraciones y jerk (sacudida) máximos que podrán darse en el tren

Aceleraciones y deceleraciones máximas

En apartados anteriores del presente documento se hallan los valores máximos citados.

Vibraciones

El comportamiento dinámico de las unidades ha de ser tal que garantice unas buenas condiciones de confort de los pasajeros. Los valores RMS ponderados según ISO 2631 de la aceleración aritmética media en cada tramo entre estaciones, en condiciones nominales de circulación, han de ser menores que el valor correspondiente al límite de confort reducido para una hora como se define en la norma citada.

Las frecuencias propias de las vibraciones habrán de estar alejadas al máximo posible de las zonas de mayor sensibilización.

Se aplicará la norma NFEO.90.401 y la UNE ENV 12299. Así mismo, se tendrá cuidado de no superar los siguientes valores máximos de aceleración:

Vertical 0.40 m/s2 entre 0.5-20 Hz

Longitudinal y transversal 0.32 m/s2 entre 0.7-10 Hz

Además, se respetará en todo momento la normativa territorial vigente, si la hubiere, en cuanto a ruidos y vibraciones que establece como unidad de medida del grado de vibración existente en los edificios la aceleración en metros por segundo al cuadrado. Para valorar el grado de molestia Jerk (empellón)

El valor del jerk máximo que se permitirá será de 0.8 m/s3

Confort climático

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de Cochabamba, se concluye que es necesario aire acondicionado y una ventilación para que el aire de la unidad se renueve. Con puertas y ventanas cerradas, permitirá tener una circulación de aire ajustable para tener en cuenta las variaciones del clima. Dicha ventilación forzada garantizará 25 renovaciones por hora en el compartimento de pasajeros, en cualquier condición de temperatura, marcha o paro, o un caudal mínimo de 7500 m3/hora,

Dicho sistema funcionará automáticamente, regulándose en función de la temperatura exterior. El conductor puede variar las condiciones de la climatización en las cabinas como se ha descrito antes y su principio de funcionamiento será similar al del climatizador de cabina.

Este sistema deberá dimensionarse teniendo en cuenta que las puertas de la unidad se mantendrán abiertas durante aproximadamente 20 segundos por cada minuto y medio de operación. (Tiempo correspondiente aproximado a un viaje entre paradas).

Climatización

El sistema deberá cumplir los requisitos siguientes:

- Asegurar la función de climatización en el interior de la unidad con una temperatura de consigna de 21º C (medidos en el sistema de evacuación de aire viciado). Estará regulada de tal manera que asegurará la temperatura de la unidad en función de la medición anterior en 15 minutos como máximo.

- Mantener una variación máxima de temperatura interior de 3ºC entre todos los puntos de la unidad en condiciones estabilizadas.

- Cuando la climatización esté en marcha, asegurará un mínimo de veinticinco

- (25) renovaciones por hora del aire interior.

- En régimen de climatización, la velocidad de difusión del aire no será superior a
- 1.8 m/s.
- Utilizará líquidos refrigerantes homologados respetando la reglamentación europea en vigor.
- La pérdida de una sola unidad de climatización dentro de la unidad, no afectará a los requisitos técnicos de la función de climatización de la unidad para una temperatura exterior inferior o igual a 30 º C.

Información y comunicaciones

Sistemas de comunicación del tren

El tren dispondrá de cuatro sistemas de comunicación y una red troncal de tren que los pondrá a todos en común.

- Comunicación con el exterior (Radiotelefonía)

En cada uno de los trenes se instalará un equipo emisor/ receptor radio y dos terminales tipo radioteléfono, uno por cabina de conducción. El equipo emisor /receptor podrá recibir toda la información de voz y datos que se le envíe desde el PCC, y será también capaz de enviar al PCC la información de voz con los mensajes que desee el conductor así como datos del estado del tren a dicho PCC (Puesto de Control Centralizado). Podrá ser una radiotelefonía tipo TETRA o similar.

Dicha radiotelefonía será privada y en grupo cerrado. Desde el PCC se podrán realizar llamadas de grupo a un conjunto de trenes.

Dicho sistema de radiotelefonía tendrá conexión con la megafonía interna del tren (ver apartado siguiente) y con los teleindicadores ó pantallas de información al viajero.

Adicionalmente, en el tren habrá espacio para un walkie-talkie (radio portátil) por cabina, que el conductor podrá utilizar para comunicar con PCC si debe abandonar el vehículo por cualquier circunstancia.

- Comunicación interior (Megafonía)

Cada unidad dispondrá de una megafonía interior que permitirá al conductor difundir mensajes a los pasajeros. Estos mensajes podrán ser pregrabados o bien directamente hablados por el

conductor. También podrán ser emitidos desde el puesto central (PCC), o bien pregrabados o bien directamente hablados por el operador en PCC.

- Comunicación interior (Interfonía)

El tren adicionalmente dispondrá de interfonía entre las cabinas de conducción y los dispositivos de alarma a disposición de los pasajeros. Dichos dispositivos estarán próximos a las puertas de la unidad.

- La comunicación entre las dos cabinas de un vehículo o entre las cabinas de dos vehículos acoplados debe estar asegurada por una relación interfónica cableada.

- Comunicación WI-Fi de banda ancha

Cada uno de los trenes dispondrá de un receptor WI-FI que permitirá la comunicación con los elementos WI-Fi de las paradas.

Dicha comunicación deberá soportar una capacidad de transferencia de datos de por lo menos 8 MB/s de manera fiable y permanente. Dicho equipo será suministrado por el fabricante, pero el material móvil deberá prever las reservas de espacios y cableados necesarias para su instalación, e integrar el equipo externo en su suministro.

- Billetaje (para descargas de datos en Talleres), en caso de utilizar sistema de billetaje a bordo del tren.

- CCTV (para transferencias de video en tiempo real a y desde la infraestructura fija)

- SAE (para descargas y cargas de datos en Talleres)

- Red troncal de Tren (TCN, Train Control Network)

El tren a suministrar dispondrá de una red troncal de control, que llamaremos también bus de tren, que conectará todos los sensores, equipos y actuadores con la unidad lógica del tren. Estará conectado a los receptores de Radio y Wi-Fi para que pueda transmitir desde y hasta las antenas (partes activas de la comunicación tren-tierra) toda la información necesaria.

La red TCN será suministrada lista para conectar a las antenas de Radio y emisores WI- FI embarcados a la recepción del material móvil, y en funcionamiento.

Información a los pasajeros

El tren dispondrá de dos paneles de información exteriores ubicados en las caras delanteras y posteriores del vehículo, sobre la cabina de conducción. En dichos paneles se podrá observar el nombre de la línea comercial y el destino del tren. El texto de dichos indicadores podrá ser leído a más de 40 metros, en cualquier condición de iluminación exterior (día /noche, posición del sol…etc.) sin reflejos del entorno. Se valorará que dichos paneles puedan ser leídos a mayor distancia si es posible.

Adicionalmente el tren dispondrá de dos indicadores laterales, más pequeños, también mostrando el nombre de línea comercial y el destino, que se podrán leer desde 20 metros de distancia como mínimo. Todo lo dicho para los anteriores indicadores aplica para éstos y se consideran parte de la misma unidad funcional.

En el interior del tren también habrá pantallas que mostrarán el nombre de la línea, el destino final y la próxima estación. Mostrarán además la hora y la temperatura exterior. Serán visibles por los pasajeros sentados y de pie, y tendrán un tamaño y número suficiente de ellas para que todos los pasajeros puedan usar la información. Serán como mínimo de tecnología LED o superior y deberán prever en su funcionalidad el rescatar datos que lleguen por SAE (Radio) al material móvil desde PCC.

En la oferta, se proporcionará la opción (a ser escogida por el cliente) de que dichas pantallas tipo LED sean pantallas tipo TFT para poder emitir publicidad u otros contenidos audiovisuales, que comunicarán por Wi-Fi con las paradas de la línea.

Habrá placas fijas de señalización en la unidad con los datos de capacidad, y se señalizarán los dispositivos de emergencia (alarma de intercomunicación con conductor y PCC, apertura de emergencia de puertas).

En la parte superior del lado interior de todas las puertas dobles de acceso, deberá haber espacio para colocar un esquema de la línea, indicando todo el itinerario e informaciones sobre los intercambios con otros modos de transporte (si los hay). El esquema será del tipo “sinóptico iluminado” (con leds o indicadores luminosos por cada parada que se encienden cuando el tren ya ha pasado por dicha parada).

Adicionalmente, cada módulo dispondrá de dos indicadores luminosos que indicarán qué lado de puertas va a abrirse en la próxima parada.

El sistema de megafonía interior del tren debe permitir transmitir a los pasajeros mensajes o avisos pregrabados o directamente hablados por el conductor y el PCC. Los mensajes rutinarios estarán pregrabados, como los mensajes de próxima parada.

Supervisión por CCTV

La instalación del CCTV embarcado queda en el alcance del suministro del material móvil, y deberá ser compatible al 100% con los equipos a instalar en las paradas "fijas" de la línea. El fabricante de material móvil solicitará la información relativa a los códecs de compresión y la librería de comunicación al instalador de CCTV fijo

Se instalará un codificador-grabador en cada tren, conectado a la instalación de cámaras (se instalará un número de ellas que permita supervisar correctamente todo el interior del tren, y la zona por delante de su morro) y que recogerá toda la información. Deberá tener capacidad suficiente para almacenar 1 día entero de grabación a 24 fps y luego los datos podrán ser comprimidos a 15 fps y ser guardados durante 1 semana. La comunicación con las paradas (y por tanto PCC) se realizará a través del Wi-Fi. Se valorará que se instale una red IP redundada en el tren que proporcione una alta fiabilidad a esta transmisión de imágenes, así como que el proceso de grabación y transferencia sea digital en su totalidad.

Habrá una cámara que grabará la zona que queda por delante del morro del tren y que estará conectada a una Caja Negra de Vídeo donde quedará almacenado, además de en el grabador embarcado, todo lo que ocurra por delante del tren.

Si se ofertan tiempos y calidades de almacenamiento superiores o inferiores, se valorarán al momento de elegir la mejor oferta. En todo caso en la oferta vendrán perfectamente definidas las resoluciones y duraciones arriba citadas.

A través de la red Wi Fi las imágenes de CCTV grabadas en el material móvil podrán transmitirse en tiempo real al PCC y viceversa.

Información destinada a los agentes de explotación

La información visual que debe recibir el conductor y los eventuales agentes de explotación que puedan subir al tren tiene por objetivo:

- Indicar el número de vehículo. Además de estar inscrito en los costados del vehículo, en las partes delanteras y posteriores, también estará inscrito en ambas cabinas de conducción.

- Identificar los distintos elementos de mando destinados a las diferentes operaciones de explotación (como en caso de averías o de socorro de un tren por otro)

A nivel de señalización diversa, en las cajas se deberán disponer los siguientes elementos identificativos:

- Número de caja en los costados del vehículo, en las partes delanteras y posteriores. También en el interior de las cajas deberá apreciarse su número (es información útil para el mantenimiento).

- Placa metálica con el nombre y anagrama del Fabricante, así como el año de producción de la unidad.

- Inscripciones relativas a la carga máxima y al número total de asientos.

- Inscripción de señales de puntos de apoyo para el alzado de caja al lado de los enganches reservados a tal fin.

Equipos eléctricos y electrónicos. Bogíes

Los equipos eléctricos y electrónicos del tren estarán preparados para recibir la alimentación en bitensión a 750 y 3000 Vcc, con valores límites de tensión (tanto superior como inferior) como definidos en las siguientes normas:

- Inversores de tracción- Norma CEI 61287

- Motores de tracción- Norma EN 60349-2

- Resistor de freno- Norma EN 60322

El conjunto del sistema de tracción garantizará una conducción segura, fiable y suave. Asimismo, el fabricante detallará las medidas tomadas en el diseño a propósito del ahorro de energía eléctrica, y presentará los cálculos detallados del consumo eléctrico, tanto para la tracción como los auxiliares. Los sistemas de frenado serán regenerativos.

Todos los equipos eléctricos y electrónicos del tren, sean de BT ó AT, no causarán perturbaciones electromagnéticas sobre las características de la línea y de instalaciones cercanas.

A continuación, se definen las características principales que deberán tener los equipos de tracción y sus auxiliares asociados.

Protección contra sobretensiones

El material móvil estará adecuadamente protegido contra situaciones especiales donde la catenaria o un elemento externo traten de suministrarle una tensión de servicio mayor que lo especificado en EN 50 163 / CEI 60850. La protección se hará a través de derivadores de sobretensiones instalados cerca del pantógrafo, en el techo del vehículo.

Estas protecciones serán coherentes y compatibles con sus equivalentes instalados en la LAC (autoválvulas).

Protección contra sobreintensidades

La inercia térmica de los componentes les permitirá resistir sin menoscabo alguno las sobreintensidades del tipo:

- Repetitivas: (Causadas por puestas en tensión, en los arranques, etc.).
- Excepcionales: (Sobrecargas en la cadena de motorización causadas por un arranque en fuerte rampa, tren con carga excepcional, sólo un grupo de tracción activo e intento de arrancar en rampa, etc.).
- Otros.

Cuando la sobreintensidad sea tal que pueda dañar al equipo, una protección automática deberá intervenir para eliminar o limitar dicha sobreintensidad. Muestras de los equipos que se pueden usar (lista no exhaustiva):

- Fusibles ultra-rápidos.
- Disyuntores.
- Micro-Disyuntores.
- Termocontactos.
- Limitación electrónica de la intensidad.
- Contactores de precarga.

Captación de corriente a través de la LAC

Se entenderá por LAC la línea aérea de contacto que alimenta eléctricamente al tren mientras éste discurre por las vías del sistema.

El dispositivo que captará la corriente desde la catenaria será un pantógrafo. Dicho pantógrafo se fabricará e instalará según la recomendación EN 50206-2 y deberá estar adaptado y compatible con la catenaria.

Cada pantógrafo estará preparado para poder traccionar a dos unidades en tara, El pantógrafo será apto para corrientes nominales y las corrientes de cresta. En toda posición de trabajo del pantógrafo, las piezas en tensión estarán dispuestas de tal manera que libren un espacio de 100 mm respecto a todas las piezas de caja de la unidad susceptibles de tener toma de tierra.

El enganche del pantógrafo con el material móvil debe estar dimensionado para resistir de manera permanente las solicitaciones provenientes de la operación pero en el sentido longitudinal esfuerzos superiores a 2300 N provocarán el desenganche del pantógrafo de la unidad, como medida para prevenir posibles daños en la tracción y en los equipos anexos a la base del pantógrafo.

Retorno de corriente y puesta a tierra

Los bogies dispondrán, de los shunts necesarios a fin de derivar las corrientes de tracción y de los circuitos auxiliares de A.T. hacia el carril. Se implementará una correcta longitud y fijación de estos para evitar roces e interferencias.

El paso de estas corrientes entre caja de grasa y eje de rotación se efectuará a través de dispositivos tipo escobilla para retorno de corriente.

El número de estos dispositivos será definido en función de las necesidades del equipo eléctrico y su disposición en el vehículo estará de acuerdo con las especificaciones VDE 0115 y DIN 57115.

También deberá verificarse la compatibilidad del retorno de tracción con el sistema de señalización ferroviaria.

Disyuntor general

Lo más cerca posible del pantógrafo el tren tendrá montado un disyuntor general de protección, que realizará la función de proteger los circuitos de tracción del tren.

El disyuntor podrá abrir tanto en tracción como en frenado. Será de tipo extra-rápido:

- Mantenimiento a realizar sobre el equipo (operaciones, periodicidad y costos).
- Máximo poder de corte.
- Intensidad de disparo.
- Límites superior e inferior de la regulación de la intensidad de disparo.

- Curvas intensidad de disparo-tiempo.

Características constructivas y de operación:

El mando del disyuntor estará situado en la cabina del conductor y se señalizará claramente al conductor su estado (cerrado /abierto). El disyuntor podrá desconectarse desde el accionamiento electrónico, y opcionalmente podrá haber un conmutador (precintado con alambre de plomo) en la cabina del conductor para su eventual desconexión (para hacer frente a posibles fallos)

El disyuntor será accionado por resorte, accionado eléctrica o electrónicamente.

El disyuntor estará instalado en una caja estanca, protegida del polvo y del agua. Dicha caja estará fabricada de un material aislante e incombustible. El montaje y diseño (accesos, espacios libres, etc…) de esta caja será tal que permitirá realizar el mantenimiento del disyuntor sin tener que retirar la caja de su ubicación en el techo del tren. La caja estará ventilada adecuadamente, teniendo en cuenta el escape de gases ocasionado por la apertura del disyuntor.

Filtros de entrada

El conjunto del sistema de tracción se proveerá de filtros LC, con la función de impedir una reacción peligrosa sobre la red de catenaria, originada por la corriente pulsatoria que pasa por la instalación de tracción.

Se evitará que el personal de operación y mantenimiento pueda entrar en contacto con tensiones peligrosas, procedentes de condensadores con carga todavía o la misma catenaria

Protección contra tensión nula

Para proteger debidamente los equipos y para tener en todo momento controlado el estado de la unidad, se implantará un sistema con la siguiente funcionalidad:

- Cuando desaparezca la alimentación de LAC (línea aérea de contacto), todos los aparatos/ equipos que estaban conectados a ella se desconectarán automáticamente.

- Cuando regrese la alimentación de catenaria, los equipos se conectarán de nuevo automáticamente.

- Esta protección también actuará sobre los equipos electrónicos, cuidando especialmente sus tiempos de desconexión y conexión, que serán adecuados para que en ningún caso pueda perderse el control de la unidad.

- Tanto la desconexión y reconexión de los equipos se llevarán a cabo con cierto retraso en el tiempo a partir de la caída o puesta en tensión. Este retraso se podrá ajustar de forma independiente entre 5 y 20 segundos por personal de mantenimiento, sin necesidad de operaciones complejas. (admisible que se deban modificar parámetros de Software).

Onduladores de tracción

Los onduladores que proporcionarán la corriente alterna a los motores a partir de la tensión 750 Vcc (catenaria) serán del tipo VVVF ("variable voltage variable frequency"), refrigerados por aire, un sistema tipo HeatPipe, o algún sistema similar/ asimilable a los descritos, que sea inmune a la polución y que requiera mantenimiento nulo.

(El valor nominal de la tensión a suministrar a los motores de tracción estará alrededor de 400V ac, a frecuencia 50 Hz.)

Estarán dotados de puentes inversores con semiconductores de potencia de tipo IGBT (transistores bipolares de puerta aislada) para el control de los motores.

Cada ondulador tendrá asociado un equipo de mando y regulación. Sus funcionalidades mínimas serán:

- Procesará las consignas de aceleración o freno que reciba de la unidad central
- Controlará los sistemas de tracción y maniobrará los componentes
- Capturará y procesará los valores de los parámetros del sistema
- Captura de errores y su envío a la unidad central
- Detección y corrección de patinajes y deslizamientos
- Protección del ondulador

Motores de tracción

Se ofertarán motores cerrados, herméticos y libres de mantenimiento en la medida de lo posible. Serán autoventilados. Su alimentación será a partir de corriente alterna, trifásica y de V nominal alrededor de 400 V, con rotor de jaula de ardilla.

Convertidores

Cada unidad de tren dispondrá de dos convertidores que se alimentarán a 750 Vcc.

Cada convertidor tendrá por tarea el generar y regular la corriente continua y alterna que es necesaria para alimentar los circuitos BT del tren y los servicios auxiliares (como por ejemplo la climatización). Los convertidores serán estáticos y podrán estar divididos físicamente en dos partes, ondulador y cargador de baterías. (o del sistema de autonomía elegido, si aplica)

En el supuesto que se instalen dos convertidores, cada uno de ellos estará dimensionado de forma que pueda alimentar todos los servicios en BT del tren excepto la climatización del compartimento de los pasajeros. Un solo convertidor debe poder alimentar la climatización por lo menos al 50% en los compartimentos de los pasajeros, y un 100% de la climatización de la cabina de conducción activa en esos momentos. Para esto, los dos convertidores estarán unidos eléctricamente. Si sólo se dispone de un convertidor su fiabilidad deberá ser extremadamente alta.

Sigue un resumen (no exhaustivo) de los sistemas/ equipos a alimentar por los convertidores:

- Corriente continua para alimentar los circuitos de BT
- Alumbrados interiores y exteriores
- Unidades de mando, displays, etc
- Patín electromagnético
- Corriente alterna 380 V/220 V 50 Hz
- Equipos de climatización
- Motores de ventilación
- Otros circuitos auxiliares o de control que lo requieran
- Salida para la carga del sistema de autonomía (si es aplicable)

En cada cabina de conducción se dispondrá de una salida adecuada para el cargador del radioteléfono, así como una toma BT para equipos enchufables (como aparatos de limpieza, pequeñas herramientas, cargadores de teléfonos móviles ordinarios, ordenadores portátiles, etc…). En cada caja se dispondrá de una toma adecuadamente protegida (accesible con llave

de mantenimiento, fuera del alcance de los pasajeros) para poder alimentar aparatos de limpieza.

Las máxima distorsión armónica que se aceptará en las salidas de los convertidores será del 15%, y las tensiones y frecuencias de salida serán constantes sin depender de las oscilaciones de carga o tensión de alimentación. Teniendo en cuenta los niveles de tensión de alimentación máximos y mínimos las variaciones que se producirán en las tensiones y frecuencias de salida serán respectivamente el ±10% y el ±2%.

Los convertidores dispondrán de los filtros adecuados para que no se produzcan perturbaciones en los sistemas de señalización, comunicaciones, etc.

Los convertidores estarán colocados en cajas herméticas, con grado de protección IP

54. Se tendrá en cuenta que no generen vibraciones o ruidos sobre el tren, y a nivel de ruido no se podrán superar los niveles definidos en el apartado correspondiente al confort acústico. No emitirá interferencias electromagnéticas que puedan afectar a otros sistemas embarcados, a equipos en vía o a equipos de terceros.

Los convertidores dispondrán en lugares accesibles sin desmontajes, los conectores y bornas necesarias para poder realizar mediciones de tensión, intensidad y frecuencia. No requerirán mantenimiento preventivo. Serán de sencillo desmontaje y se podrá sustituir un convertidor averiado por otro nuevo en un tiempo aproximado de 15 minutos.

Se diseñarán con previsión de que puedan soportar oscilaciones bruscas de la tensión de alimentación sin deterioro ni menoscabo alguno en su vida útil y prestaciones. (Ejemplo, por despegues del pantógrafo de la LAC, entradas y salidas de las zonas de autonomía ó paso por aisladores de sección)

Dispondrá de las siguientes protecciones:

- Protección contra cortocircuitos internos
- Sobretensión y tensión mínima de línea
- Sobrecargas
- Exceso de temperatura
- Arranque progresivo después de cortes o paso por seccionamientos

Los convertidores dispondrán de tarjetas electrónicas de control conformes a la normativa UNE 20501 y UNE 20512. Se cuidará especialmente que su fuente de alimentación pueda trabajar en unos márgenes de temperatura suficientemente amplios como para que se minimicen las posibles averías.

El convertidor usará como fuente de energía auxiliar para control y regulación el sistema de autonomía embarcado del tren. En caso de que el sistema de autonomía embarcado quede descargado, contará con un convertidor de arranque integrado que podrá alimentar la electrónica y con eso permitir el arranque del convertidor.

Bucles de seguridad

La detección de todo fallo que pueda afectar a la seguridad del vehículo se hará a través del corte de diversos lazos (bucles) de seguridad.

Ellos provocarán, por su corte, la entrada del freno de emergencia.

Aparellaje eléctrico y electrónico

El aparellaje eléctrico y electrónico embarcado en el tren cumplirá las especificaciones de la ficha UIC 616-0.

Estará adecuadamente ventilado, pero evitando toda entrada de agentes exteriores que puedan ser perjudiciales para los equipos (polvo, agua, etc.)

Todos los contactos auxiliares y relés estarán protegidos contra todos esos elementos exteriores perjudiciales, mediante tapas herméticas de material plástico, metálico o similar.

Los equipos eléctricos y electrónicos cumplirán con la normativa en vigor. Se certificarán todos los ensayos obligatorios del material, y se verificará que cumplan las siguientes prescripciones:

Deberán soportar las sobretensiones que puedan darse en la línea aérea de contacto, según definidas en la normativa EN 50 163. No se transmitirán sobretensiones a los equipos de BT

Serán compatibles a nivel EMC (electromagnético) con el resto de equipos de seguridad (señalización, enclavamientos…)

Cumplirán la norma EN 50121-3-1 edición 4/96, de manera que no se produzcan perturbaciones en emisiones/ recepciones públicos.

Resistirán vibraciones y choques, indicando cumplimiento de la norma PrEN 50125-1 o equivalente

Su funcionamiento estará previsto entre los límites de temperatura y humedad a considerar.

Se superarán para los equipos 750 Vcc las pruebas de rigidez eléctrica típicos para la tensión 750 Vcc

Los contactos de ruptura de las protecciones deberán estar garantizados, en condiciones de funcionamiento normal, para una duración de por lo menos 150.000 km

Cableados, canalizaciones y soportes

Los cables a instalar dispondrán de aislamientos ignífugos y auto-extinguibles (tanto los cables de AT como de BT). No serán propagadores de incendios, tendrán una mínima emisión de humos y de nula o extremadamente baja emisión de gases tóxicos.

En general y complementariamente a lo definido en Seguridad, los cableados que se instalen cumplirán las siguientes normas.

Cuadro No 93 Normas internacionales para cableados

Cables de tracción	**DIN 5510**
Resto de cables	AF 16-101
	(Clasificación AF1)
No propagación del incendio	UNE 50266
Emisión de halógenos (Cero Halógenos)	UNE 50266
Corrosividad de los humos	UNE 50267

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente a lo ya definido, todos los cables que vayan estar sometidos a torsión, flexión o ambas a la vez, serán del tipo “extraflexible” clase 5 ó 6.

Los cableados de alta irán por canalizaciones y bandejas separadas de los de baja, y se tratará asimismo que los cableados del circuito de puertas, el lazo de seguridad y los cables de comunicaciones vayan por canalizaciones segregadas.

Las bandejas de cableado que se instalen deberán ser de la máxima calidad, y de las dimensiones adecuadas para que se puedan realizar operaciones de mantenimiento o intercambio de las mismas con facilidad. Las bandejas serán resistentes al fuego. Se estudiará la posibilidad de pasar cableados por dentro de los largueros si el bastidor es de acero. Las bandejas de cableado cumplirán la normativa vigente en cuanto a resistencia, modo de fijación, etc.

Los soportes de los elementos de canalización de cables sobre el bastidor y sus fijaciones estarán dimensionados para resistir las peores condiciones de explotación e incluso para sufrir una afectación mínima (dentro de lo posible) en caso de accidente. Los anclajes estarán adecuadamente protegidos contra la corrosión mediante un galvanizado o procedimiento similar.

Los taladros de anclaje se harán con plantilla para facilitar el mantenimiento, montaje y desmontaje de las bandejas durante la explotación, así como el intercambio de entre los mismos entre los distintos vehículos.

Las canalizaciones de cables evitarán en todo lo posible los cambios innecesarios de dirección, curvas etc. El trazado tratará de optimizarse en cuanto a longitud y rectitud.

Bogies

Dada la gran diversidad tecnológica existente en el mercado de este tipo de vehículos de 100% piso bajo, respecto al tipo de bogie y sistema mecánico de tracción, se dan a continuación una serie de criterios generales aplicables a un bogie convencional que se deberán tenerse en consideración siempre y cuando sean de aplicación al bogie considerado en la oferta.

Como principios generales de diseño, deberán considerarse fundamentalmente los correspondientes a simplicidad, accesibilidad y mantenimiento reducido, compatible con unas buenas características de adherencia rueda-carril, estabilidad de marcha, reparto uniforme de carga entre las ruedas, seguridad de rodadura, mínima agresividad a la vía, correcta inscripción en los trazados y la máxima seguridad debida al servicio a prestar. Se valorará la intercambiabilidad de todos los elementos. Se valorará la disposición de diferencial mecánico que permita diferentes velocidades de ruedas paralelas en curvas.

El bogie incorporará también los elementos para la suspensión del vehículo. Todos los elementos constitutivos del bogie serán si es posible total o parcialmente intercambiables, para que los bogies resultantes sean también intercambiables. Las ruedas serán elásticas.

El tipo de bogie, eje o elemento de rodadura seleccionado deberá permitir el torneado de ruedas en los tornos de foso habituales para estos usos.

Asimismo, deberán tener un mantenimiento reducido teniendo en cuenta la simplicidad en el montaje de la caja sobre los bogies, la ausencia de elementos sometidos a fricción y la accesibilidad de los distintos componentes, en especial los motores de tracción. Se valorar muy positivamente la facilidad de desmontaje de los distintos elementos del sistema de tracción y que esta manipulación pueda realizarse sin levantar el vehículo.

El sistema de propulsión del bogie se efectuará mediante motores, actuando cada uno de ellos en función de su tecnología sobre un eje, rueda o conjunto de dos ruedas de un lateral, mediante los reductores y acoplamientos elásticos necesarios.

Se darán las máximas referencias de bogies iguales, o sí no fuese posible de concepción análoga, que circulen en otras administraciones, nº de vehículos, km. recorridos (máximo por vehículo y flota a fecha actual).

Con la oferta deberán presentarse, como mínimo, la documentación y cálculos previos que a continuación se indican para cada tipo de bogie / elemento de rodadura:

- Plano de conjunto y detalles de los bogies que se estimen convenientes para mejor comprensión del bogie que se oferta.
- Peso y características principales de los bogies.
- Cálculos dinámicos de estabilidad de los vehículos a la velocidad máxima de 80 Km/h con perfiles de rodadura nuevos y usados.
- Cálculo previo de las frecuencias propias de las suspensiones vertical y transversal.
- Cálculo de la vida de los rodamientos de caja de grasa.
- Cálculo de las prestaciones del freno de servicio y del de estacionamiento.
- Análisis de la accesibilidad de los distintos elementos principales a efectos de mantenimiento y descripción de las operaciones de desmontaje y montaje de los mismos a fin de valorar su mantenibilidad.
- Previsión de duración de las ruedas, tanto por desgaste normal como por afilado de pestañas.

Sistemas embarcados auxiliares

Autodiagnóstico y registro de averías

El tren deberá disponer de un sistema informático embarcado que muestre al conductor de la unidad el estado del tren, las partes averiadas si las hay y que registre todas las incidencias que se produzcan sobre los equipos y sistemas embarcados.

Constará de una unidad central de control, una serie de dispositivos distribuidos en el material embarcado que permitan detectar los fallos y transmitirlos a la unidad, y de una interfaz gráfica (y el software necesario para su funcionamiento) para el conductor del vehículo, donde se le mostrará el estado técnico del tren y las averías detectadas. En dicho interfaz gráfico también se proporcionarán las informaciones necesarias para la reparación o mitigación de la avería, siempre según el reglamento de explotación.

A nivel general, este sistema de diagnóstico y registro de averías deberá cumplir las siguientes funcionalidades:

- Cuando el tren esté funcionando normalmente se mostrará en el interfaz gráfico para el conductor una imagen sinóptica del tren con sus elementos y sistemas representados en un color que significará funcionamiento normal (por ejemplo, blanco)

- En el momento en que algún equipo presente un fallo de funcionamiento o avería, se mostrará al conductor en su interfaz gráfico, con un color distinto

- La localización de los fallos o averías será prácticamente inmediata, es decir, que el conductor será informado del fallo o avería con muy poco retraso después que ésta se produzca y sea detectada.

- El software, además de permitir al conductor visualizar los problemas técnicos de la unidad, realizará un proceso de análisis del error y (conforme al reglamento de explotación y a las AMFE realizadas en fase de diseño) propondrá al conductor la secuencia de acciones a realizar para subsanar o minimizar los efectos de la avería.

- Dicho software almacenará los eventos y averías sobre los equipos embarcados. Se podrán grabar eventos correspondientes hasta 2 días de explotación, en una memoria de tipo extraíble y compatible con los PC habitualmente usados en industria y tecnología.

- El aviso de averías se realizará a través de un bus de datos interno al tren, y siempre se mandarán también al PCC, bien por radio bien a través del sistema WiFi

Sistema antideslizante/antibloqueo

El tren dispondrá de un sistema antideslizante/ antibloqueo, que deberá evitar que las ruedas se bloqueen durante el frenado. El sistema funcionará tanto sobre el frenado eléctrico como mecánico. Además, dicho dispositivo evitará el deslizamiento de las ruedas sobre el carril en el momento de arrancada (patinaje de las ruedas).

La unidad recibirá —de sensores instalados en los ejes o equivalente— la señal de velocidad de rotación de cada rueda y comparará con una velocidad de referencia, que es la velocidad del

tren. Cuando una rueda tiende al deslizamiento, su velocidad rotacional cae por debajo de la velocidad de referencia y entonces el sistema antideslizamiento accionará las válvulas antideslizamiento y ajustará la presión de los cilindros de freno, hasta que la velocidad de la rueda se iguale nuevamente con la velocidad de referencia. (Se admitirá que la frenada se realice a través de la unidad de comando de freno)

Equipos de arenado

Los bogies que sean motrices tendrán instalados dispositivos para aportación de arena hacia el carril. Habrá dispositivos de arenado suficientes para arenar todas las ruedas de cada bogie, y actuarán en un momento determinado los areneros que pertenezcan a las ruedas delanteras en el sentido de la marcha. Cada equipo de arenado dispondrá de su conveniente eyector de arena, juntamente con conexión a un compartimento (llamado arenero) con un visor de nivel y con tapa de sencilla apertura para un fácil rellenado. La tapa una vez cerrada deberá asegurar una buena estanqueidad del compartimento para la arena.

La boca de llenado y la forma interna del arenero serán tales que frente a un llenado con máquina automática, se pueda llenar totalmente el arenero y no se produzca ningún escape o proyección de arena.

La capacidad global de los areneros debe permitirles realizar 5000 km de explotación en condiciones normales antes de ser rellenados.

Odometría

El tren tendrá instalado un equipo de odometría que medirá las distancias recorridas por sus ruedas. Tendrá comunicación con el equipo de antipatinaje para poder recibir correcciones a la distancia recorrida en función de los patinajes de las ruedas

Caja negra

La caja negra embarcada en el tren efectuará un registro continuado (configuración FiFo) de una serie de señales analógicas y digitales. La caja negra debe ser tratada como un elemento de seguridad, disponiendo pues de las redundancias necesarias para cumplir las normativas respecto de la seguridad en cuando a sus características, protección, alimentación, etc...

Estará compuesto por un equipo de a bordo y por un equipo de transferencia y análisis de datos.

Equipo de a bordo

Estará constituido por una central de registros estática y por los elementos de captación de señal y de medida necesarios.

- Registrará como mínimo (los siguientes datos son una guía)
- Registros básicos iniciales: nº tren, nº agente, etc.
- Registro de velocidad, espacio y tiempo.
- Registro de número de tren o composición.
- Registro de fecha y hora.
- Registro de al menos dos señales analógicas.
- Registro de al menos 16 señales digitales.

Aproximadamente la caja negra deberá poder almacenar por lo menos los datos completos (valores y cambios de estado de todas las variables) tomados cada 1 segundo correspondientes a 40 km de explotación en su memoria de corta duración, y en su memoria larga se almacenarán los cambios de estado de las variables durante los últimos 5.000 Km. Tendrá asimismo capacidad para grabar el estado especial de un equipo o sistema cuando se produzca.

La central de registro deberá poder ser extraída del tren sin perder el contenido de la memoria, por lo menos durante un mes. Asimismo, podrá reproducirlo cuantas veces se desee.

- Equipo de transferencia y análisis de datos.
- Existirá una manera de transferir los datos de la caja negra hasta un ordenador PC.
- En toda la representación de los datos, ya sea en pantalla del ordenador o sobre papel, se especificará inequívocamente la fecha y hora en que se produjo cada acontecimiento.

Caja negra de CCTV

Con las mismas condiciones que la caja negra anteriormente definidas, se instalará una caja negra de CCTV donde se almacenen las imágenes captadas por la cámara delantera del tren. Su memoria permitirá hasta 1 día de almacenaje sin compresión (24 fps) y una semana con imágenes comprimidas (15 fps). Si se ofertan capacidades distintas, deberá justificarse adecuadamente. Se valorará que la capacidad de almacenaje sea la mejor posible.

Instalación neumática/ hidráulica

Instalaciones de tuberías

La instalación estará realizada de manera que la mayoría de los elementos estén agrupados por paneles. Las tuberías se fijarán a bastidores con bridas o elementos similares de fijación. Estas bridas estarán distribuidas de manera que se eviten los esfuerzos anormales sobre rácores, aparatos neumáticos y sus órganos de fijación, que se eviten los golpeteos de las tuberías o los elementos neumáticos sobre los bastidores y que se eviten las vibraciones de las tuberías.

El radio de curvatura de las tuberías neumáticas será el máximo posible. El paso de las tuberías a través del suelo de las cajas se realizará de forma que sea estanco y no permita la entrada de aire o agua en la caja.

Las tuberías se instalarán en la medida de lo posible rectas, y minimizando el número de uniones, instalando sólo las imprescindibles.

El sistema de tuberías estará instalado de manera que las tuberías y los elementos unidos a ellas no puedan desplazarse a causa de peso, vibraciones u otras causas relativas a la explotación normal del vehículo. Se estudiará este caso con especial esmero en el caso de tuberías y elementos similares instalados en los bogies.

Se cuidará especialmente la ubicación de las mangueras flexibles para que no sean afectadas por los movimientos relativos entre caja y bogie.

Las tuberías estarán distribuidas e instaladas de tal forma que se evite la formación de puntos bajos (“senos”) donde se puedan acumular productos de condensación (tanto para hidráulica como para neumática).

Todas las llaves de corte (aislamiento) del circuito deben estar ubicadas en lugares accesibles. Como es habitual, una llave alineada con la tubería estará en posición abierta y una en perpendicular a ella, en posición cerrada.

Limpieza y manipulación de tuberías

Las tuberías se limpiarán a conciencia por su interior, asegurando eliminar toda impureza como polvo, virutas de metal o madera o cualquier otro elemento, antes de su montaje en las cajas.

Protección contra la corrosión

Se utilizarán todos los medios necesarios para que se evite la formación de corrosiones en el conjunto de los elementos. En particular se tratará de evitar:

- Los dobleces en chapas y perfiles
- Las soldaduras por puntos o cordones que puedan ser sensibles a la corrosión
- Partes metálicas expuestas sin tratar

Y en general se usarán metales que no sufran procesos de corrosión o que estén adecuadamente protegidos contra ellos.

Interfaces del material móvil

En este apartado se citan los distintos sistemas con los que tiene que tener interfaces el material móvil y que es necesario que sean conocidos para que se realicen las necesarias preinstalaciones. Se presenta la información divida por subsistema.

Los elementos a instalar en el tren provenientes de otros sistemas serán instalados físicamente en el tren por el suministrador del material móvil, de manera coordinada con el contratista del sistema. Lo hará en base a planos, especificaciones y materiales que se le suministraran para tal fin.

En fábrica se probarán los sistemas embarcados y en las instalaciones del cliente, de manera previa a la Recepción Provisional, se probarán sus interfaces con la infraestructura fija.

Para cada uno de los subsistemas se presenta el conjunto de equipos a instalar. El fabricante de Material Móvil deberá prever las necesarias preinstalaciones (espacios para equipos, cableados, huecos pasa-cables, etc.).

Todos los equipos embarcados cumplirán con las normas ferroviarias en vigor.

Subsistema de Señalización Viaria

Cada una de las unidades deberá permitir el montaje de uno o varios radioemisores para comunicación con balizas de señalización viaria.

El número de emisores embarcados a instalar depende de las dimensiones del tren. Para un tren simétrico de 5 cajas y 30 m es necesario instalar dos de ellas para mantener la bidireccionalidad.

Estos emisores y sus cableados serán suministrados por el fabricante del sistema de Señalización viaria e instalados sobre el material móvil, según un documento de prescripciones de instalación.

Este subsistema, además, precisa de la instalación de un pulsador y una pequeña antena en la cabina del conductor (en la zona primaria de cabina) para el mando de “emergencia” de los semáforos. Además, este mando pulsador podrá ser excitado mediante entradas SAE y por tanto debe disponer de comunicación con la consola SAE embarcada.

Subsistema de Señalización Ferroviaria

Deberán instalarse en el material móvil una serie de elementos para dos conjuntos funcionales distintos. Dichos conjuntos funcionales son el mando embarcado de agujas y el frenado automático puntual (FAP)

Mando embarcado de agujas:

Este conjunto funcional permitirá al material móvil realizar peticiones de autorización de movimiento en recta o desviada. El fabricante de señalización ferroviaria suministrará los equipos, así como, una especificación de instalación, para que éste los instale sobre el tren. Los elementos se pueden resumir como:

- Bastidor en armario electrónico
- Cableados
- HMI botoneras de mando de agujas en cabinas (los botones se iluminarán cuando la antena transponder se encuentre sobre el lazo de mando)
- Antenas transponder en bogies (dos por tren)
- Alimentaciones de los equipos
- Térmicos, Relés y Protecciones

En la figura siguiente se indica la localización aproximada de las antenas transponder en el material móvil.

Adicionalmente el material móvil deberá transmitir al equipo de mando de agujas una señal que indique la composición del tren (unidad simple, doble, etc.) para el buen funcionamiento de las entradas a zonas de estacionamiento.

Frenado automático puntual:

En el material móvil deberá instalarse una unidad embarcada del sistema tipo FAP que deberá estar conectada al odómetro del tren y deberá poder actuar sobre los frenos de servicio del vehículo, así como poder señalizar al conductor la velocidad máxima en los tramos monitorizados. El fabricante de señalización ferroviaria suministrará los equipos, así como, una especificación de instalación, para que éste los instale sobre el tren. Los elementos se pueden resumir como:

- Unidad central
- Odómetros de seguridad
- Actuadores de seguridad sobre los frenos
- IHM con indicadores para conductor (velocidad objetivo) y pulsadores para selector modo de funcionamiento.

Radio TETRA

Deberá instalarse en el tren el equipo relativo a la comunicación radio consistente en una antena para la comunicación con PCC y los equipos de radiotelefonía. Los trenes estarán en permanente comunicación con PCC, transmisión de voz, datos SAE y Alarmas Embarcadas permanentemente conectadas con PCC.

El fabricante de la parte de Radio entregará la antena, los cableados de alimentación y control conforme a norma ferroviaria, así como, las especificaciones de instalación correspondientes.

SAE

Para el Sistema SAE se deberán instalar varios elementos en el material móvil. Se listan a continuación:

Radioantena para lectura balizas SAE de relocalización. Se procurará que esta antena sea la misma que la antena para la Señalización Viaria

Consola SAE en zona primaria de controles del conductor. Dicha consola pondrá a disposición del conductor los mandos SAE tal y como definido en el Proyecto Constructivo.

Unidad central SAE en comunicación con alarmas embarcadas, responsable de la comunicación con PCC via radio y de recopilar el conjunto de alarmas embarcadas del bus de tren (TCN)

El fabricante de SAE suministrará los equipos, así como, una especificación de instalación, para que éste los instale sobre el tren.

Adicionalmente el material móvil deberá transmitir al equipo de SAE una señal que indique la composición del tren (unidad simple, doble, etc.) para el buen funcionamiento de las entradas a zonas de estacionamiento.

Billetaje

El sistema de Billetaje dispondrá también de elementos embarcados. Dichos elementos serán suministrados junto con una especificación de montaje por el fabricante para que sean instalados sobre el tren.

Dichos elementos serán.

- Validadores embarcados. Se instalará 1 de ellos por puerta de acceso al tren.

CCTV embarcado

Cada uno de los trenes dispondrá de por lo menos 12 cámaras embarcadas. Estas cámaras codificarán la señal en un formato MPEG-2 o similar automáticamente y la harán llegar mediante una red de vehículo TCN tal y como definido en apartados anteriores (bajo protocolo Ethernet TCP/IP) a un conmutador Wi-Fi que lo transmitirá a la parada más cercana (bajo demanda). La codificación (MPEG-2, MPEG-4…) será coincidente con la utilizada para las imágenes provenientes del CCTV fijo.

Comunicaciones Wi-Fi

Cada uno de los trenes dispondrá de un receptor WI-FI que permitirá la comunicación con los elementos WI-Fi de las paradas y con la red Wi-Fi de Talleres y cocheras.

Dicha comunicación deberá soportar una capacidad de transferencia de datos de por lo menos 8 MB/s en los dos sentidos de manera fiable y permanente. Dicho equipo será suministrado, junto con sus cableados, documentos de instalación y servidumbres, por el fabricante de los Sistemas.

Se dará acceso al sistema Wi Fi al computador SAE para permitir la posibilidad de envío s /descargas de informaciones de SAE/Billetaje entre el material móvil y la infraestructura fija.

Sistema de conteo de pasajeros

El material móvil deberá incorporar un sistema de conteo de pasajeros que formará parte del sistema SAE y que se integrará junto con los datos de SAE. El fabricante de material móvil deberá instalar el equipo, que le será suministrado por el fabricante del SAE junto con el resto de equipos SAE.

Resumen Interfaces del material móvil

En el siguiente apartado se presentan los distintos subsistemas y se indica si tienen interface o no con el material móvil, y los principios para resolver dicho interface.

Cuadro No 94 Normas internacionales para cableados

INTERFASES MATERIAL MÓVIL	
TELECOMUNICACIONES	Emisor / Receptor Wi-Fi en correspondencia con los ubicados en Parada / Talleres. Necesario estudiar cobertura
SAE, SIV	Antena lectora de etiquetas posicionamiento, más comunicación entre tren y tierra (vía Radio). Asegurar compatibilidad equipos y estudiar posición antena sobre tren. SAE deberá mostrar alarmas embarcadas (SIE, Billetaje, CCTV..)
SEMAFORIZACIÓN VIARIA	Antena para comunicación con balizas detectoras en vía. Asegurar compatibilidad equipos y estudiar posición antena sobre tren. Botonera en pupitre para mando emergencia
SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA	Asegurar valores de shunt i que asegure una correcta comunicación entre tren y tierra y viceversa.
TELEMANDO DE INSTALACIONES DE ENERGÍA	No hay interface
TELEFONÍA E INTERFONÍA	No hay interface
MEGAFONÍA EMBARCADA	Interface SAE y Radio, para poder recibir mandos de PCC
VIDEOVIGILANCIA	Transferencia de datos mediante emisor/ receptor Wi-Fi

BILLETAJE	Billetaje embarcado transfiere datos por Wi-Fi al concentrador de cocheras
RADIO	Trenes en permanente comunicación con PCC, transmisión de voz+ datos SAE+ Alarmas Embarcadas
CONTEO DE PASAJEROS	Mandará los datos al SAEe y se estudiará el integrarla en SAE

Fuente: Elaboración propia

41.2. Material rodante para el servicio férreo de pasajeros

En línea con lo manifestado en numerales anteriores, la capacidad del material rodante eléctrico que se recomienda es de hasta 300 pasajeros sobre una trocha estándar de 1.435 m. Para tal capacidad existe un abanico de opciones interesantes en el mercado. En el contexto internacional hay diferentes fabricantes[31] con amplia experiencia y modelos de trenes utilizados exitosamente en diferentes ciudades y países. El objeto de este diagnóstico no es recomendar marcas ni industrias específicas, solo poner ejemplos referenciales con características técnicas similares a lo recomendado. Ya en etapas posteriores de implementación del proyecto, se definirán estos aspectos. A continuación se muestran los ejemplos idóneos de modelos de trenes de pasajeros.

41.2.1. Modelo Desiro de SIEMENS

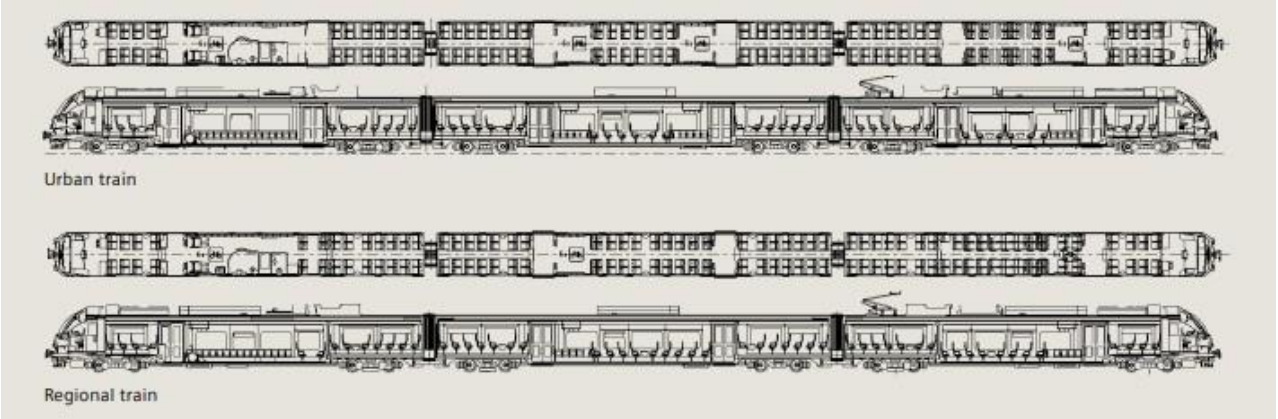
Se trata de un modelo con capacidad para 300 pasajeros, que además cuenta con configuraciones de asientos entre 200 a 244 para tramos urbanos o de 259 asientos en tramos más regionales. Es ideal para medias y largas distancia. Tiene 4 a 6 puertas de acceso por lado, de acuerdo al requerimiento operativo y es totalmente eléctrico. La velocidad máxima es de 160 km/hr.

[31] En el mundo las empresas de material rodante mayor envergadura son las europeas (e.g. Siemens de Alemania y Alstom de Francia). Sin perjuicio de ello, existen empresas proveedoras de material rodante como ser Hitachi de Japón, Hyundai de Japón, CAF de España y otros.

Figura No 243 Modelo Desiro en operación

Fuente: SIEMENS

Figura No 244 Configuración del modelo Desiro de Siemens



Fuente: SIEMENS

41.2.2. Modelo Coradia de ALSTOM

Se trata de un modelo con capacidad para hasta 402 pasajeros, que además cuenta con configuraciones de asientos entre 154 a 372 para diversas operaciones, contemplando de 3 a 6 cuerpos. Es ideal para medias y largas distancia. Tiene 6 a 12 puertas de acceso por lado y es totalmente eléctrico. La velocidad máxima es de 172 km/hr.

Figura No 245 Modelo 3d del Coradia de Alstom

Fuente: ALSTOM

Figura No 246 Configuración del modelo Coradia de Alstom

Fuente: ALSTOM

41.2.1. Modelo Civity de CAF

Se trata de un modelo eléctrico muy adaptable a las necesidades de capacidad que se tengan. Desde la configuración de dos cuerpos (o coches) con capacidad para hasta 150 pasajeros, hasta una configuración de 8 cuerpos con una capacidad de más de 500 pasajeros. Presenta dos puertas por coche por lado. La velocidad máxima es de 160 km/hr escalable a 200 km/hr.

Figura No 247 Modelo Civity en operación

Fuente: CAF

Figura No 248 Configuración del modelo Civity de CAF

Fuente: CAF

41.3. Material rodante para el servicio férreo de carga

En lo referido al material rodante dedicado al transporte de carga, lo relevante es contar con un buen material tractor al que se añade bodegas de transporte de carga de manera prácticamente ilimitada en función a las distancias entre estaciones. Las bodegas varían en su composición en función a la carga que se quiera transportar. Las empresas bolivianas han probado que tienen la capacidad para fabricar bodegas para el transporte de carga.

Como se expuso en secciones anteriores, en la actualidad se usa trocha métrica, la cual se adaptará a la propuesta trocha estándar, con un sistema de bi-trochaje.

El servicio ferroviario de carga no tiene que ser necesariamente eléctrico para operar. Puede comenzar con un sistema diésel eléctrico, y gradualmente si se requiere ser un sistema de carga totalmente eléctrico.

A continuación se muestran los ejemplos idóneos de modelos de material ferroviario de carga.

41.3.1. Modelo Bitrac de CAF

Se trata de una locomotora monocabina o bicabina a diésel eléctrico o sólo eléctrica. Tiene una longitud de 22,4 metros y una altura de 4,233 mm. La velocidad máxima es de 200 km/hr y la comercial es de 120 km/hr.

Figura No 249 Modelo Bitrac de CAF

Fuente: CAF

41.3.1. Modelo Vectron de Siemens

Se trata de una locomotora a diésel eléctrico o sólo eléctrica. Tiene una longitud de 19,98 metros y una altura de 4,120 mm. Está pensada para trocha estándar y puede llegar a una velocidad máxima es de 160 km/hr . El peso de esta locomotora es de 90 tn.

Figura No 250 Modelo Vectron de Siemens

Fuente: Siemens

41.3.1. Modelo Prima 2 de Alstom

Se trata de una locomotora a diésel eléctrico o sólo eléctrica. Tiene una longitud de 12,8 metros, un peso de 62 toneladas y una altura de 3,995 mm. Está pensada para trocha estándar y puede llegar a una velocidad máxima es de 180 km/hr .

Figura No 251 Modelo Vectron de Siemens

Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN 11 – REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA Y ANÁLISIS DE ELECTRIFICACIÓN DEL SISTEMA

42. INTRODUCCION Y OBJETO

Para la implementación del proyecto del tren de cercanías es necesaria la habilitación de este servicio supone la necesidad de un sistema de alimentación eléctrico para la tracción eléctrica de los trenes de pasajeros y carga.

El objeto del presente apartado es realizar un diagnóstico preliminar del impacto que el proyecto generará en la red de distribución eléctrica de la RMSC, así como de las posibles conexiones a la red de transmisión y subestaciones de transmisión, a fin de definir los requerimientos necesarios para adecuar la infraestructura existente, o para el diseño de una red aislada de suministro eléctrico.

A seguir se plasman los principales resultados obtenidos tras los estudios eléctricos preliminares realizados en los cuales se analizará las demandas de potencia del sistema, las caídas de tensión en las líneas y la potencia estimada en cada una de las subestaciones en base a los requisitos del sistema tanto en Operación Normal como en Operación Degradada, es decir, en operación N-1 cuando exista un fallo eléctrico total en una de las Subestaciones de Tracción de la línea.

En el desarrollo de los estudios realizados se han tenido en cuenta las características disponibles hasta la fecha que afectarán a la explotación con el material rodante propuesto, tales como planta de trazado, capacidad de pasajeros, curvas de tracción estimada, velocidades máximas de circulación en función del tramo del trazado y tensión de alimentación de tracción de 1.500 Vcc.

43. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En la simulación eléctrica realizada se han considerado los siguientes factores disponibles hasta la fecha de la elaboración del presente estudio:

- Características del material rodante.
- Características de la infraestructura de la línea.
- Características de la operación de la línea.
- Ubicaciones de Subestaciones de Tracción.

Las condiciones de diseño consideradas en el presente estudio son las siguientes:

43.1. Material Rodante

Tanto para el funcionamiento en modo normal de explotación, como para el modo degradado del sistema, se han utilizado los datos de un material rodante tipo “Tranviario” con las características que se detallan a continuación:

- Porcentaje del peso adherente: 66%.
- Longitud: 34 m.
- Potencia de SSAA: 150 kWh.
- Aceleración Máxima: 1.3 m/s².
- Deceleración Máxima: 1.2 m/s².
- Potencia Máxima de Tracción: 850 kW.
- Potencia del Tren: 720 kW.
- Rendimiento Total: 86%.

43.2. Características de operación

La simulación eléctrica preliminar se ha realizado en modo operación normal (todas las subestaciones del sistema operativas) y en modo degradado (fallo eléctrico total en una Subestación de Tracción del sistema propuesto). Tanto en Operación Normal como en Modo Degradado, se ha considerado el mismo plan de explotación de la línea, cuyos parámetros y características Se muestran a seguir.

La operación se ha definido similar en los tres ejes del proyecto, al utilizar el mismo material rodante de los tres casos.

43.2.1. Características operativas del Eje Norte

- Para la explotación de la línea se han considerado una flota de 8 vehículos con una ocupación de 6pax/m2, circulando simultáneamente en ambos sentidos de la línea. En la simulación se han considerado un 30% adicional de operación para el dimensionamiento eléctrico debido a posibles operaciones en modos degradados, margen entre las diferentes curvas de tracción de los fabricantes y márgenes de seguridad de simulación.
- Se ha considerado una velocidad máxima de operación de 100km/h debido a que es el valor inmediatamente superior, en kN, antes del valor estacionario de la curva de tracción en función de la velocidad del material rodante.
- Se ha considerado un intervalo entre trenes de 2700 segundos y un tiempo de parada en estaciones de 20 segundos.

45.2.2.1 Ubicación propuesta para subestaciones de tracción del Eje Norte

Para la ubicación de las Subestaciones del eje norte, se ha contemplado utilizar los cuartos técnicos previstos y habilitados para tal fin. La relación de estaciones en la que se ha considerado instalar Subestaciones de Tracción en el estudio preliminar eléctrico realizado son las indicadas en el siguiente cuadro.

Cuadro No 95 Ubicaciones propuestas para las subestaciones de tracción del Eje Norte

Estación	Pk Tramo
SET 1	0+150
SET 2	5+520
SET 3	10+960
SET 4	16+310
SET 5	21+730
SET 6	27+130
SET 7	32+440

SET 8	37+820
SET 9	43+180
SET 10	48+530
SET 11	53+930
SET 12	59+300
TOTAL Longitud de la línea	62.066,67

Fuente: Elaboración propia

43.2.2. Eje Sur

- Para la explotación de la línea se han considerado una flota de 5 vehículos con una ocupación de 6pax/m2, circulando simultáneamente en ambos sentidos de la línea. En la simulación se han considerado un 30% adicional de operación para el dimensionamiento eléctrico debido a posibles operaciones en modos degradados, margen entre las diferentes curvas de tracción de los fabricantes y márgenes de seguridad de simulación.
- Se ha considerado una velocidad máxima de operación de 100km/h debido a que es el valor inmediatamente superior, en kN, antes del valor estacionario de la curva de tracción en función de la velocidad del material rodante.
- Se ha considerado un intervalo entre trenes de 2400 a 2700 segundos y un tiempo de parada en estaciones de 20 segundos.

45.2.2.1 Ubicación propuesta para subestaciones de tracción del Eje Sur

Para la ubicación de las Subestaciones del eje sur, se ha contemplado utilizar los cuartos técnicos previstos y habilitados para tal fin. La relación de estaciones en la que se ha considerado instalar Subestaciones de Tracción en el estudio preliminar eléctrico realizado son las indicadas en el siguiente cuadro.

Cuadro No 96 Ubicaciones propuestas para las subestaciones de tracción del Eje Sur

Estación	Pk Tramo
SET 1	0+280
SET 2	5+970
SET 3	10+130
SET 4	15+880
SET 5	20+010
SET 6	26+900
SET 7	30+120
TOTAL Longitud de la línea	32.018,21

Fuente: Elaboración propia

43.2.3. Características operativas del Eje Este

- Para la explotación de la línea se han considerado una flota de 7 vehículos con una ocupación de 6pax/m2, circulando simultáneamente en ambos sentidos de la línea. En la simulación se han considerado un 30% adicional de operación para el dimensionamiento eléctrico debido a posibles operaciones en modos degradados, margen entre las diferentes curvas de tracción de los fabricantes y márgenes de seguridad de simulación.
- Se ha considerado una velocidad máxima de operación de 100km/h debido a que es el valor inmediatamente superior, en kN, antes del valor estacionario de la curva de tracción en función de la velocidad del material rodante.
- Se ha considerado un intervalo entre trenes de 2700 a 3600 segundos y un tiempo de parada en estaciones de 20 segundos.

45.2.2.1 Ubicación propuesta para subestaciones de tracción del Eje Este

Para la ubicación de las Subestaciones del eje este, se ha contemplado utilizar los cuartos técnicos previstos y habilitados para tal fin. La relación de estaciones en la que se ha considerado instalar Subestaciones de Tracción en el estudio preliminar eléctrico realizado son las indicadas en el siguiente cuadro.

Cuadro No 97 Ubicaciones propuestas para las subestaciones de tracción del Eje Este

Estación	Pk Tramo
SET 1	0+310
SET 2	4+770
SET 3	9+840
SET 4	15+260
SET 5	20+590
SET 6	24+160
SET 7	30+620
SET 8	34+180
SET 9	39+270
SET 10	45+900
SET 11	48+760
SET 12	50+240
TOTAL Longitud de la línea	51.601,19

Fuente: Elaboración propia

44. LINEA AÉREA DE CONTACTO

Debido a la distribución propuesta para el trazado ferroviario atendiendo a la orografía de la zona, el componente e integración urbana y las distancias entre municipios a las cuales se pretende dar servicio, se plantea un sistema mixto de electrificación comunicación según los tramos previstos. Para los 3 ejes, se utilizará una catenaria simple compensada.

Debido a las particulares del sistema propuesto, el material rodante deberá estar provisto con un sistema embarcado de alimentación capaz de operar al nivel de tensión de 1.500Vcc. Esta transición se realizará bajo la instalación de una zona neutra en la línea aérea de contacto.

El nivel seleccionado es completamente normalizado, con amplia implementación en otros sistemas de transporte ferroviario similares, lo que permitirá diseños más acotados en normativas e instrucciones técnicas de referencia, acceso a materiales y sistemas estándares por parte de los fabricantes, lo que supondrá un menor costo de implementación que la selección de otros sistemas.

La tensión de tracción eléctrica será suministrada por subestaciones eléctricas de tracción, ubicadas en función de los condicionantes técnicos y de operación de la línea. Para el dimensionamiento de estas subestaciones, se deberá realizar de acuerdo con el criterio de operación "N-1". Las acometidas

eléctricas se realizarán según la disponibilidad de servicio de la compañía distribuidora local, que en este caso es la CRE.

Además, como parte del contenido de este apartado, se incluye la definición de parámetros geométricos de ambos tipos de catenaria, componentes principales y requerimientos de diseño.

44.1. Características Generales de la Catenaria 1500 VCC

44.1.1. Criterios de diseño

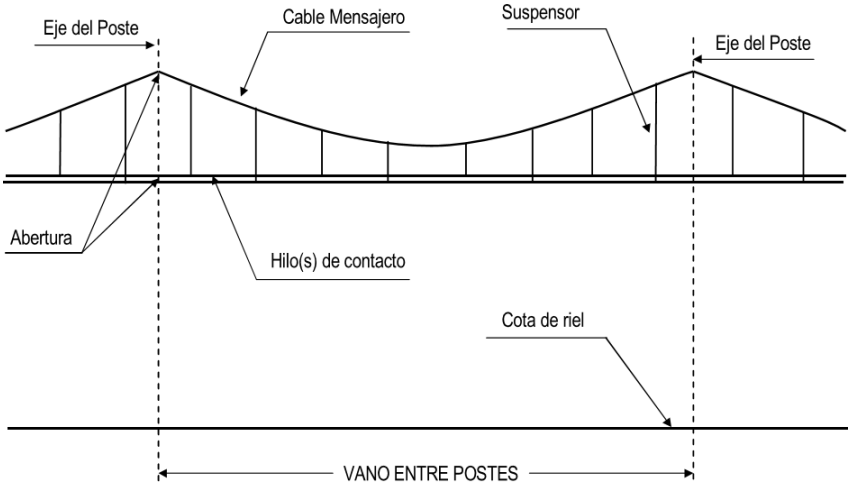
Para el diseño y configuración de la catenaria, se deberán considerar los siguientes parámetros particulares del proyecto:

- Características del material rodante.
- Características geométricas de la línea.
- Características del gálibo de la línea.
- Características de operación de la línea.
- Velocidad máxima de la línea.
- Características ambientales de la zona.
- Características del riel.

44.1.2. Características generales

Para los 3 ejes del proyecto, se propone una catenaria del tipo poligonal y de configuración simple extratensa, es decir, constituida por un cable mensajero y dos hilos de contacto. Los hilos de contacto se mantendrán totalmente horizontales por medio de alambres o cables trenzados de cobre, suspendidos desde el mensajero, denominados “suspensores”.

Figura No 252 Configuración de la catenaria simple extra extensa



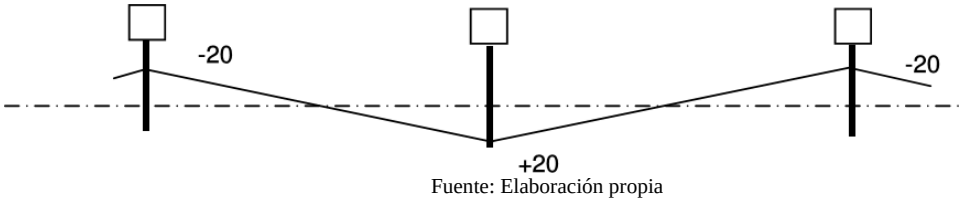
Fuente: Elaboración propia

La red aérea tendrá un descentramiento en los apoyos (triángulos) con respecto al eje del pantógrafo que se denominará “zig-zag”.

Este descentramiento o zig-zag tendrá la finalidad que el desgaste de las planchuelas de los pantógrafos sea uniforme a través de toda la zona útil de éstos. Los valores para el zig-zag son los siguientes:

En recta / tangente = + ó - 0,20 m

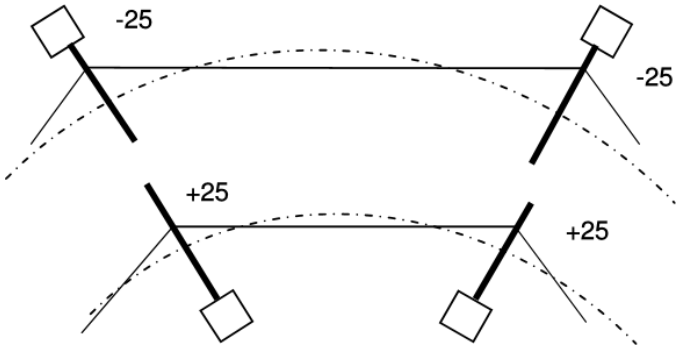
Figura No 253 Esquema de descentramiento en recta/tangente



Fuente: Elaboración propia

En curva = + ó - 0,25 m

Figura No 254 Esquema de descentramiento en curva



Fuente: Elaboración propia

Los aspectos relacionados con la abertura de la red aérea, la distancia del hilo de contacto al hilo mensajero en el punto de fijación de éste será:

- 1,15 m y 1,05 m para módulo 5 metros y vano máximo de 60 metros.
- Altura de catenaria, 6 metros.

A continuación, se realiza una descripción de los componentes del sistema de catenaria simple extratensa:

Postes: Los macizos deberán ser colocados de tal, manera que el gálibo de poste se mantenga dentro de las tolerancias admitidas. El tipo de macizo está relacionado con las dimensiones geométricas de su figura y con el tipo de poste que deba soportar.

- Los postes utilizados para sustentación de la red aérea serán preferentemente de tipo metálico. Los postes de la red aérea, cuando sean fundados en las bases tipo, serán capaces de soportar íntegramente las cargas de proyecto, y no será necesaria estabilización transversal mediante tirantes.
- Los postes serán rotulados para identificación en los planos de instalaciones de red aérea, con indicación del kilómetro de la vía a la cual pertenecen y el número correlativo que le corresponde dentro de ese kilómetro.
- La separación entre postes de apoyo se realiza de acuerdo al radio de curva de la vía férrea y al módulo considerado como base para los cálculos, según la siguiente tabla:

Cuadro No 98 Separación mínima de postes y la vía férrea

Módulo de 6 m		Módulo de 5 m	
RADIO R (m)	VANO (m)	RADIO R (m)	VANO (m)
R > 1.620	72	R > 1.000	60
1.360 < R ≤ 1.620	66	840 < R ≤ 1.000	55
1.120 < R ≤ 1.360	60	694 < R ≤ 840	50
910 < R ≤ 1.120	54	563 < R ≤ 694	45
720 < R ≤ 910	48	444 < R ≤ 563	40
550 < R ≤ 720	42	340 < R ≤ 444	35
405 < R ≤ 550	36	250 < R ≤ 340	30
280 < R ≤ 405	30	174 < R ≤ 250	25

Fuente: Elaboración propia

La distancia de implementación de postes “i”, la separación entre la cara externa del poste y la cara más externa del riel más próximo respetará los siguientes mínimos:

- Recta i = 1,90m.
- Curva i = 1,90m + 3 veces el peralte de la vía.

En caso de instalación de un poste en la entrevía, ésta deberá tener como mínimo 5,50m.
En los sectores donde no haya problema de ancho de faja vía, los postes se instalarán a una distancia de 3.10m entre el eje del poste y el eje de la vía, sea en recta o en curva.

Elementos de sustentación: La suspensión de la red aérea estará concebida con el doble objetivo de posibilitar el libre desplazamiento de los conductores provocado por la variación de su temperatura y también de su fijación en el sentido perpendicular a la vía.

Esta última condición es importante puesto que así se posibilitará el tráfico de trenes con pantógrafo activo aun en condiciones extremas, de fuerte viento.

Estas condiciones serán atendidas utilizando un mecanismo articulado, aislado y giratorio en sus puntos de fijación en el respectivo soporte, denominado “triángulo de suspensión”.

De esta manera la sustentación de la red aérea se efectuará mediante un brazo tubular inclinado orientable, con aislación próxima al punto de articulación y fijo al poste por medio de

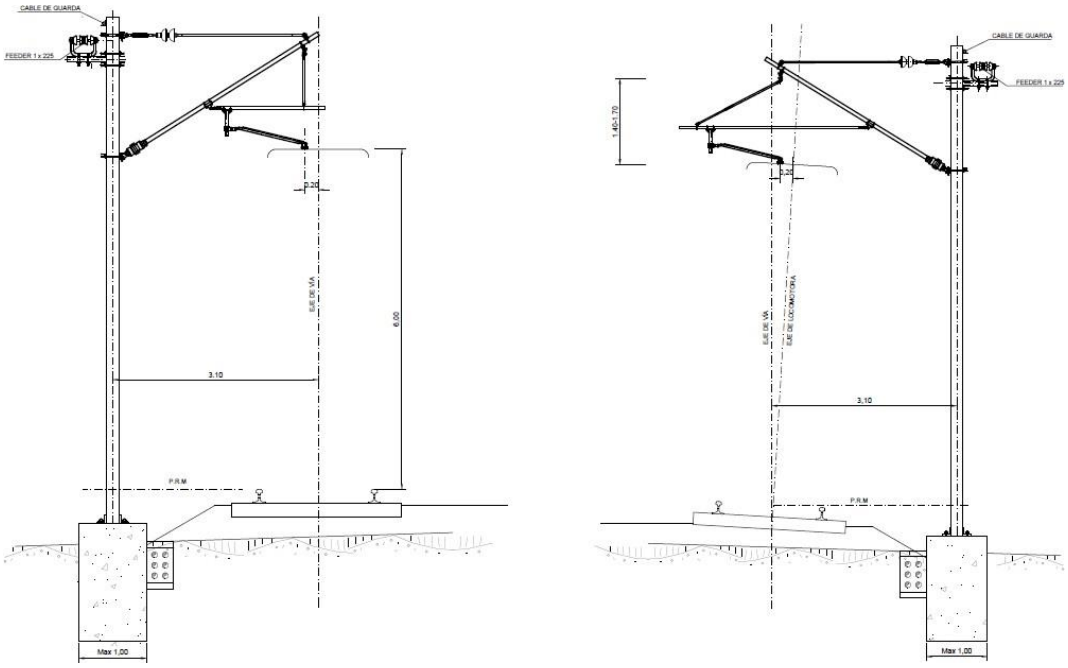
un puntal regulable, en caso de estación interior a una curva de radio menor a 405 metros, o un tirante para

curvas de radio mayor a 405 metros. Este puntal o tirante será de largo regulable.
Por otra parte, para la fijación lateral de los hilos de contacto se adicionará otro elemento tubular articulado en disposición horizontal, denominado “balancín”, provisto de dos bastones centradores, uno para cada hilo de contacto, que trabajan exclusivamente traccionados (registro).

El mensajero deberá ser instalado en el mismo plano vertical que pasa por el medio de los hilos de contacto.

Al tratarse de un recorrido dispuesto en vía única, se instalarán postes laterales al trazo de la vía ferroviaria como se muestra en la siguiente figura a modo de ejemplo:

Figura No 255 Ejemplo de implementación de postes en disposición lateral



Fuente: Elaboración propia

Red Aérea: En cuanto a la composición de la red, esta estará constituida por un cable mensajero, un hilo de contacto y suspensores articulados o equipotenciales, sus aspectos característicos técnicos serán:

- Cable Mensajero. El cable mensajero será de cobre electrolítico de tenor mínimo 99,9%, sección transversal de 152 mm2 (300 MCM), con 19 hebras, diámetro nominal 15,95 mm2 carga de ruptura a la tracción de 5.765 kg.

- Hilo de contacto. El hilo de contacto será de cobre electrolítico, sección nominal de 120 mm2 (4/0 AWG), sección transversal redonda y ranurada y carga de ruptura a la tracción de 34,5daN/mm2.

- Suspensores. Los suspensores serán fabricados con alambre de cobre N° 3 AWG y serán del tipo articulado, los que permitirán una mayor flexibilidad de la red aérea. Si son fabricados con cable trenzado de cobre de sección 25 mm2, las prensas de unión con el hilo de contacto y el mensajero deberán ser colocadas al suspensor a compresión. Los suspensores serán uniforme y alternadamente distribuidos a lo largo de uno y otro hilo de contacto, de modo que la distancia entre dos suspensores consecutivos en un mismo hilo sea 6m.

- Feeder. Formado por un cable de Cu de al menos 240 mm2 de sección (a definir en la fase de ingeniería de detalle) de 37 hilos de 2,78 mm de diámetro. Este cable va instalado sobre palomilla o sobre cabeza de poste, realizándose la conexión al sustentador (cable mensajero) cada 300 m. Éstos últimos estarán formados por dos cables de cobre extraflexible de 150 mm2 de sección y 3,5 metros de longitud.

Compensación: Para efectos de compensar las variaciones que se produzcan en la longitud y flecha por efecto de las variaciones de temperatura, los conductores serán tensionados a través de un sistema compuesto de un polipasto de relación 1:5 y contrapesos, denominado “equipo tensor”.

Figura No 256 Ejemplo de equipos de compensación

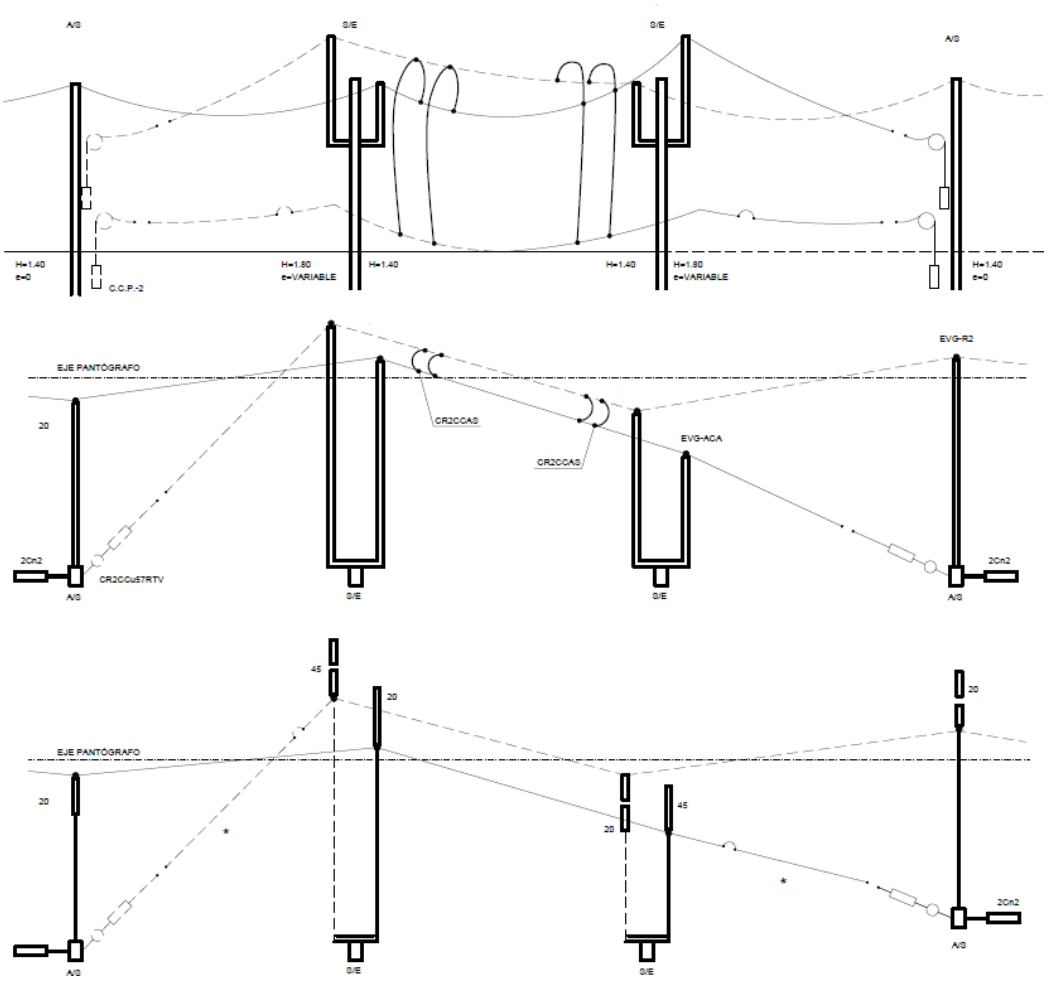
Fuente: RENFE

El equipo tensor mantendrá la tensión mecánica constante, en una faja de variación de temperatura, disponiendo todavía de un margen de desplazamiento para compensar efectos secundarios de alargamientos de los conductores y tolerancias de montajes.

Los equipos tensores a lo largo de la vía constituirán un punto de regulación automática de la tensión mecánica de los conductores de la red aérea. El tensionamiento provendrá de un conjunto de bloques de mineral de hierro recubierto por hormigón. Para garantizar un desplazamiento de los contrapesos estrictamente vertical, el equipo tensor estará provisto de un tubo guía.

Seccionamientos: Las redes aéreas de plena vía y principal de estaciones estarán constituidas por una serie de tramos mecánicamente independientes entre sí, donde los extremos de dos tramos contiguos se traslaparán en tres vanos consecutivos (overlap) y sus partes comunes constituyen un “seccionamiento”. La distancia máxima en vía corriente entre anclajes extremos de un tramo de red aérea será de 1.500 m con un punto fijo en la parte central.

Figura No 257 Esquema de configuración en seccionamiento



Fuente: UIC

Conexiones eléctricas: Las conexiones eléctricas entre los cables mensajero y los hilos de contacto deberán ser realizadas cada 120 m y también en los centros de contrapeso y puntos fijos.

En los anclajes de puntos fijos, serán utilizadas cuatro conexiones eléctricas con la doble finalidad de mantener la continuidad eléctrica y de trabar mecánicamente los hilos de contacto al mensajero a fin de impedir su desplazamiento. En los espacios de aire, las conexiones de alimentación deberán instalarse en el poste eje del seccionamiento.

En las estaciones se instalarán, en la viga del pórtico rígido ubicado frente al portal de 3 kV, puentes alimentadores, con cable de cobre de 600 MCM, los que energizan las vías principales y desvíos de las estaciones.

Serán empleados los siguientes cables de temple blando, para ejecución de las conexiones eléctricas:

- Equipotenciales Cu 4/0 AWG – 61 hebras
- Alimentador (estaciones) Al 795 ó 950 MCM
- Conexiones de alimentación 300 MCM – 91 hebras

Las conexiones eléctricas en ningún caso deberán impedir el libre desplazamiento de la red aérea.

Seccionadores: A fin de dar continuidad eléctrica a la red aérea de la vía principal y alimentar las catenarias de las vías de las estaciones, en las mismas se instalan portales de seccionamiento de 1,5kV. En estos portales existen seccionadores de cuerno (para operación con carga) y eventualmente llaves de cuchillo (para operación sin carga), las cuales cuentan con accionamiento manual. Para conectar el portal de 1,5kV con las catenarias de plenas vías y estaciones se emplean alimentadores monopolares de 1,5kV, los cuales pueden ser de cobre 600 MCM o Aluminio 795 MCM o 954 MCM.

Los seccionadores serán de apertura en carga (tipo seccionador de cuernos). Cada alimentador estará constituido de un cable de aluminio desnudo AAC 954 MCM.

Aisladores de sección: El montaje del aislador de sección tiene como finalidad el independizar eléctricamente las catenarias a fin de poder cortar corriente por secciones.

Estos equipos, serán del tipo asimétrico (ver planos) y deberán permitir el paso de los pantógrafos en ambas direcciones a la velocidad máxima de la línea captando la corriente.

Protecciones: Con el fin de proteger las instalaciones de la red aérea de posibles descargas atmosféricas en los postes metálicos, éstos irán protegidos mediante conexión a tierra.

Cable de Guarda: Todos los postes irán unidos por un cable guarda de aluminio-acero (LA 110) de 116,2 mm² de sección con una puesta a tierra cada 3 Km como mínimo, con resistencia a la difusión menor de 10 Ohmios.

La distancia mínima del feeder de refuerzo al cable de guarda no debe ser inferior a 50 cm.

Pararrayos: Se colocarán pararrayos en los postes anterior y posterior al Punto Fijo (poste de anclaje del mensajero en un cantón), con bajada a tierra independiente.

Los pararrayos se montarán en cabeza de poste. Se utilizará el tipo de Pararrayos de cuernos para instalación exterior a 3,6 KV en c.c. con doble aislamiento.

Señales: Se instalarán señales de peligro en los postes que tengan aparamenta eléctrica (descargadores de antena y seccionadores), así como aquellos postes que estén en zona transitada.

Descargador de Tensión: Las marquesinas metálicas de las estaciones se conectarán a tierra a través de descargadores de intervalo autorrecuperables y rearmables para evitar su destrucción galvánica e incluso, a veces, las posibles descargas electrostáticas a personas. Se tendrá en cuenta lo estipulado en la Norma Europea UNE EN 50122-2 Medidas de Protección Contra los Efectos de Corrientes Vagabundas.

Las acciones encaminadas a disminuir las corrientes vagabundas pasan obligatoriamente por independizar a lo largo de todo el trayecto los circuitos de tierra y retorno. Se dispondrán de los dispositivos de medida adecuados para la medición de las corrientes vagabundas.
Asimismo, se montará un descargador de intervalo en toda estructura metálica susceptible de ponerse en tensión por su proximidad a la catenaria, especialmente en estaciones.

La bajada de toma de tierra se realiza conectando el cable a carril. El descargador cumplirá con las siguientes características:

- Polarizado.
- Tensión de disparo cierto 50 V.
- Tiempo de respuesta: 3 m/seg.

45. ALIMENTACIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO

Para la alimentación y distribución de la línea, se propone una configuración de distribución eléctrica tipo anillo, es decir, todas las subestaciones de cada tramo estarán interconectadas entre sí, con un sistema de canalizaciones subterráneas, para dotar de una mayor fiabilidad al sistema.

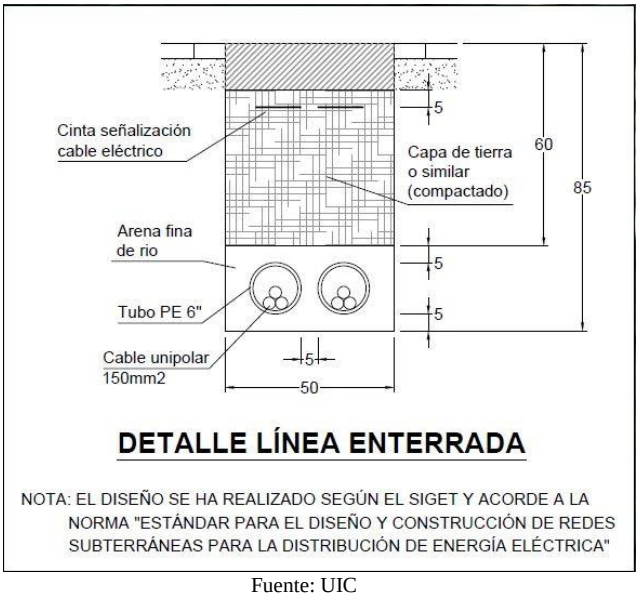
Existirán definidos varios puntos de suministro por parte de la compañía repartidos a lo largo de la línea, que conectarán a las subestaciones de rectificación más próximos a la disponibilidad de enganche de la compañía a través de una línea de acometida eléctrica exclusiva (enganche único, esta acometida no podrá dar servicios a otros puntos de suministros), con sus correspondientes sistemas de protección de línea dentro de las propias subestaciones.

45.1. Red de Acometidas

Para la alimentación del sistema, se tendrá un sistema de acometidas propio y exclusivo que conectará el punto de suministro de la compañía eléctrica con una de las subestaciones de rectificación de la línea. Se propone cuatro (4) puntos de acometidas de un (1) punto de suministro.

Esta acometida se realiza a un nivel de 23kV, mediante cable tipo RHZ o similar en canalización subterránea enterrada.

Figura No 258 Propuesta de canalización enterrada



Fuente: UIC

La acometida desde la Subestación de compañía se realizará mediante un conductor tipo RHZ1-18/30kV, de Aluminio, cuyas características deberán de ser:

- Tensión nominal: 18/30 kV.
- Conductor: Aluminio, sección circular, clase 2, según norma IEC 60228.
- Pantalla sobre conductor: Capa de mezcla semiconductora termoestable extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, con un espesor mínimo de 0.5 mm, sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.
- Aislamiento: Etileno-propileno de alto módulo (HEPR).

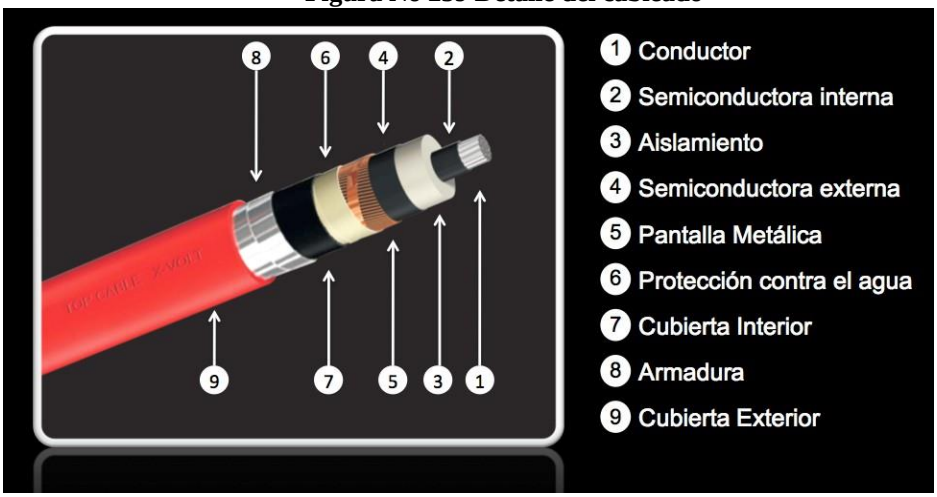
- Pantalla sobre aislamiento: Una capa extruida de mezcla semiconductora no metálica asociada a una corona de alambres y contra-espira de cobre.

- Separador térmico: Funda termoestable colocada entre los hilos de cobre de la pantalla metálica y la cubierta exterior.

- Cubierta: Será color rojo y estará constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina.

Los cables deberán llevar una marca indeleble que, como mínimo, identifique claramente al fabricante, la designación completa del cable y el año de fabricación (por medio de las dos últimas cifras). La marca podrá realizarse por grabado o relieve sobre la cubierta. La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

Figura No 259 Detalle del cableado



Fuente: Siemens

45.2. Red de distribución interna

Existirá una red de media tensión de distribución que conectará cada una de las Subestaciones de Tracción del sistema mediante un sistema tipo “anillo”, el cual otorga al sistema eléctrico una mayor fiabilidad ya que permitirá, en caso de falla de uno de sus componentes, seguir operando sin necesidad de corte del servicio.

El sistema de distribución a 23kV que se conectarán las Subestaciones de Tracción se realizará a lo largo del todo sistema ferroviario mediante poliducto de forma anexa a la vía y a través de un conductor

normalizado de 18/30kV RHZ1 con aislamiento de Polietileno reticulado, cuyas características son las mismas que las indicadas en el numeral “red de acometidas”.

45.3. Subestaciones de tracción

La Subestaciones de Tracción y Rectificación (SER) son los elementos principales del sistema eléctrico del proyecto. Se prevé la instalación de una SER cada 5 km aproximadamente a un nivel de tensión de tracción de 1.500Vcc. Los recintos destinados a Cocheras y Talleres contarán cada uno con su propia Subestación de Tracción y Rectificación. La funcionalidad de estas Subestaciones es la siguiente:

- Función de línea: Se utilizará para entrada o salida de cables de alimentación en MT, tanto de las acometidas de la compañía eléctrica en aquellas subestaciones designadas, como para la distribución de la red interna de media tensión de tipología tipo anillo. Cada SER tendrá una acometida 23 kV como entrada y salida, formando un anillo que se explotará en régimen de anillo abierto.

- Para ello, Se suministrarán celdas de protección con interruptor automático, aislamiento en SF6, metálica, compartimentada e incorporando las siguientes protecciones como mínimo: Sobrecarga, cortocircuito, falta a tierra, falta de tensión según esquema unifilar

- Grupo Transformador rectificador: Para la protección de los grupos rectificadores. Estas celdas estarán equipadas con un interruptor automático trifásico en SF6 más un seccionador tripolar de dos posiciones con conmutación de puesta a tierra (servicio-abierto-abierto puesto a tierra), estando ambos dispositivos situados en el interior de una cuba metálica rellena de SF6.

- Función de SS.AA.: Se utilizará para las maniobras del transformador SS.AA. así como su protección. Estará equipada con un seccionador tripolar de tres posiciones (servicio-abierto-puesto a tierra) y con 3 fusibles de protección, estando ambos dispositivos situados en el interior de una cuba metálica rellena de SF6.

- Función de protección Medida: Estará equipada con un seccionador tripolar de tres posiciones (servicio-abierto-puesto a tierra) y con 3 fusibles de protección, estando ambos dispositivos situados en el interior de una cuba metálica rellena de SF6.

Para lograr estas funcionalidades las subestaciones deberán ir equipadas con los siguientes equipos:

- Celdas de media tensión (con un nivel de aislamiento de 24 kV) serán aisladas en SF6, con disyuntores o interruptores seccionadores.

- Transformador de Tracción: Se instalará, en cada una de las Subestaciones de Tracción, un transformador con una Relación de Transformación (Rt) de 24kV/0.585–0.585 kV con doble devanado, con conexión Yy0 y Yd11. La potencia estimada aproximada de 2500 KVA e irán conectados a un grupo rectificador destinado a la rectificación de onda a través de dispositivos semiconductores que permitirán la modificación de la onda alterna en continua.

- El grupo Rectificador: Es un elemento esencial en las subestaciones de tracción, ya que la calidad de la forma de onda que este genere dependerá el correcto funcionamiento de material rodante de tracción. Se estima la potencia del grupo rectificador en 2x0,5 MW del tipo dodecafásico, en cada una de las Subestaciones.

- Filtro de Armónicos. Los filtros de armónicos estarán destinados a reducir la perturbación armónica de la parte de continua, estarán formados por dos circuitos independientes, uno de ellos se encargará de eliminar el armónico de mayor amplitud y el otro (sintonizado a una frecuencia más alta) está destinado para eliminarlos armónicos de menos amplitud.

- Bobinas de alisamiento. La bobina de alisamiento permitirá que las elevadas corrientes que sede mandan por los vehículos de tracción se suavicen evitando variaciones bruscas de la intensidad.

- Seccionador de grupo: Para permitir el acoplamiento o la desconexión del grupo rectificador a la barra ómnibus, se dispondrá de un seccionador unipolar de cuchillas deslizantes insertado en una celda situada entre las celdas de feeder.

- Celdas de Corriente Continua. (Celdas Feeder): La energía destinada a tracción, desde la salida de los grupos de rectificación estará disponible en barras de 1.500 Vcc en corriente continua. Desde las barras se alimentarán los interruptores extra rápidos de protección de alimentadores. A partir de estos interruptores se dispondrán una serie de seccionadores de tensión continua que permitirán realizar una distribución de tensión continua confiable y de alta disponibilidad.

- Celdas de retorno de Corriente continua: Los dispositivos para la detección de retornos se ubicarán en una celda metálica.

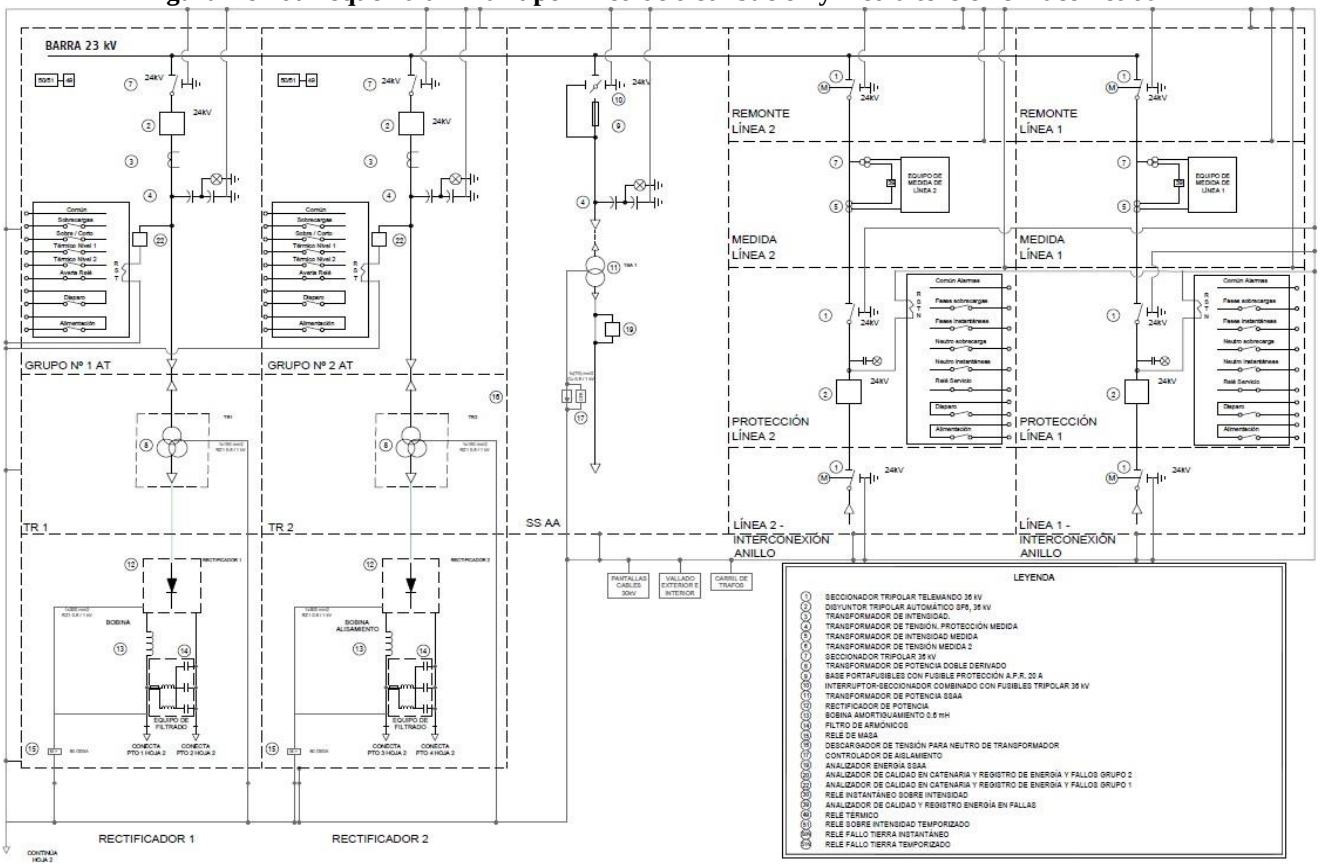
Para la alimentación de los Servicios Auxiliares (SSAA) de las propias Subestaciones, así como de las instalaciones de señalización ferroviarias y de la alimentación de las paradas del tren, se deberá instalar una línea de alimentación para SSAA en cada Subestación. Esta línea contará con un Transformador de SSAA, con una Relación de Transformación (Rt) 24/0.120 kV. Desde esta posición está previsto la distribución en Baja Tensión para la alimentación de los siguientes elementos:

- Servicios Auxiliares de estaciones (disposición de 120V/208Vc.a.).

- Las instalaciones de señalización ferroviaria (120V/208Vc.a.).
- Iluminación (120V/208Vc.a.).
- Alimentación del equipo cargador-rectificador-batería.

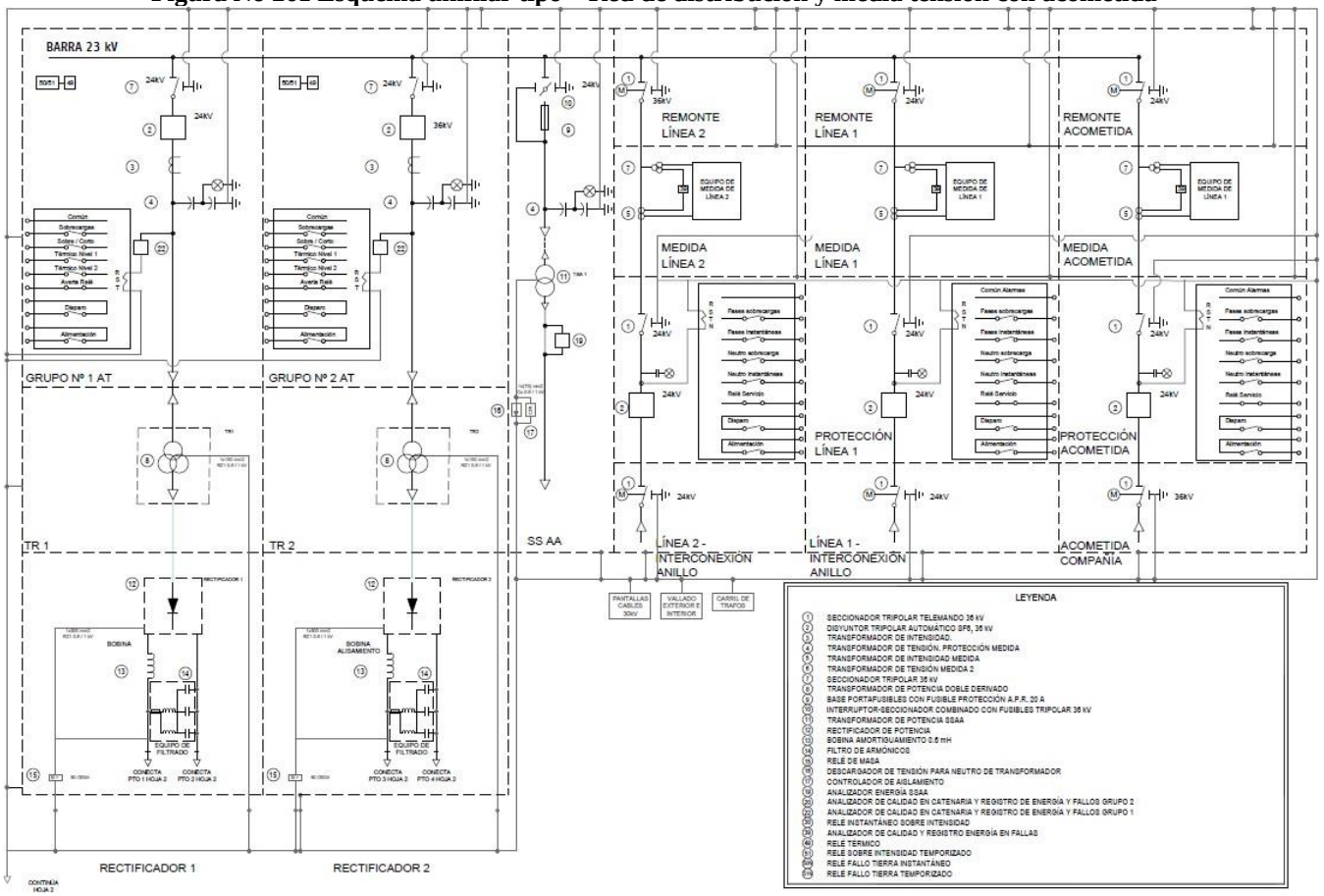
A continuación, se muestra un ejemplo típico de esquema unifilar representando los equipos mencionados:

Figura No 260 Esquema unifilar tipo – Red de distribución y media tensión sin acometida



Fuente: Elaboración propia

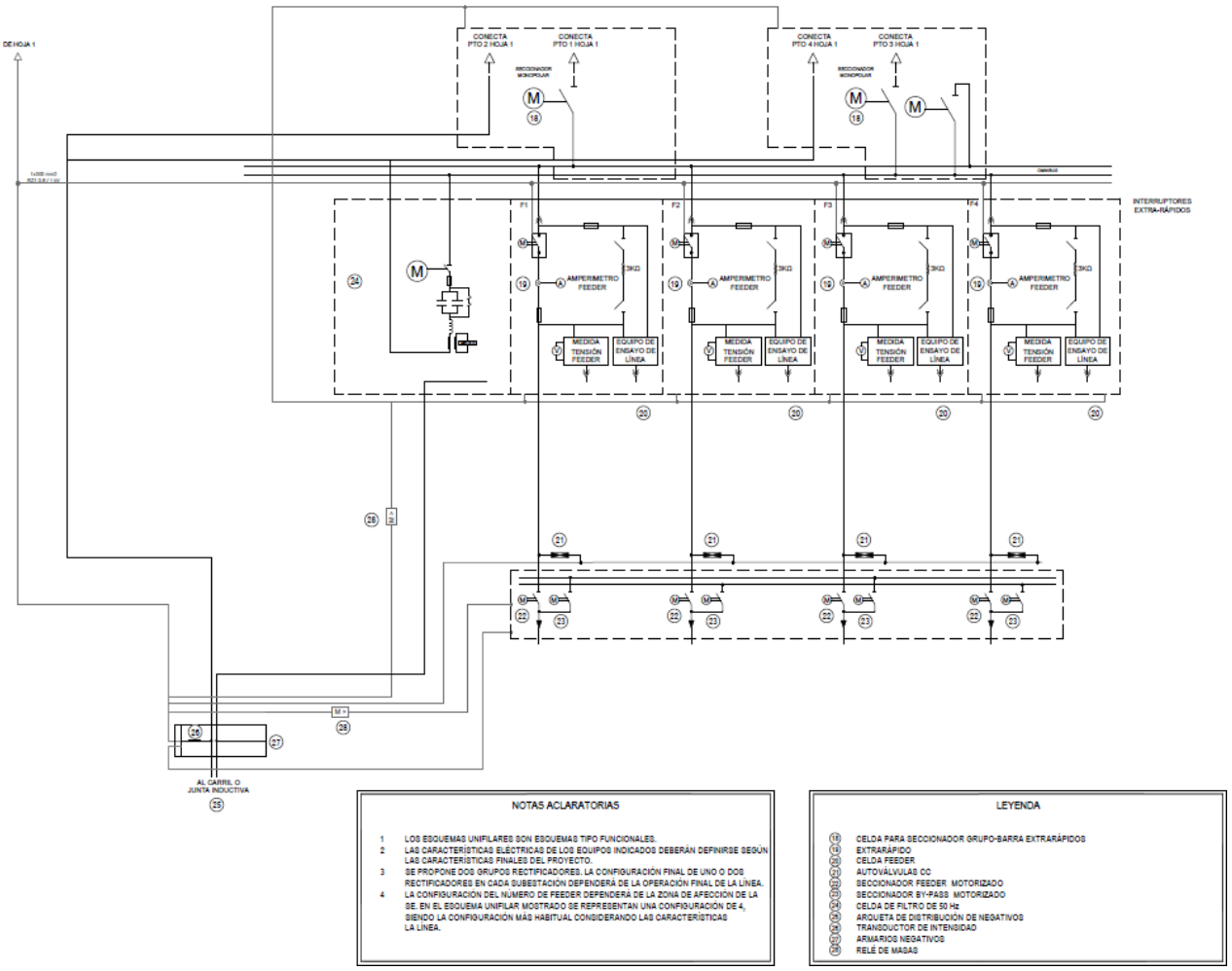
Figura No 261 Esquema unifilar tipo – Red de distribución y media tensión con acometida



Fuente: Elaboración propia

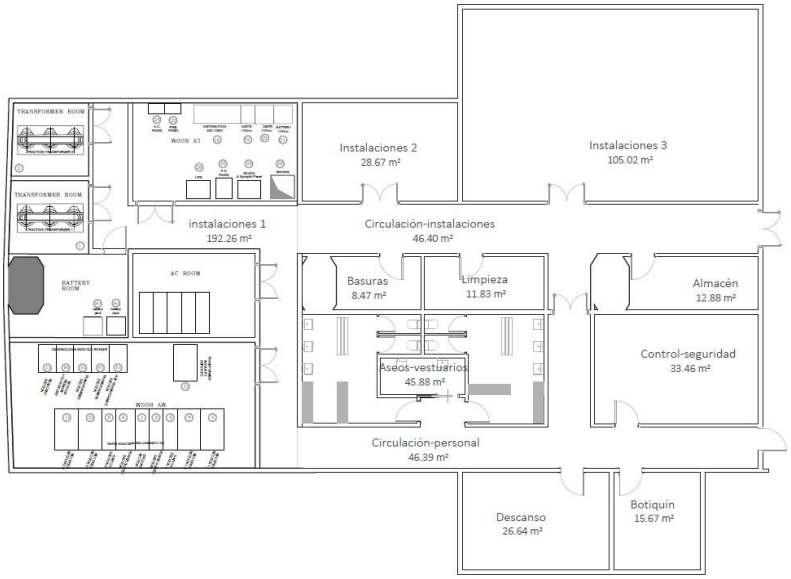
Para la red de corriente continua y alimentación de catenaria a nivel de tensión de 1.500 Vcc a la salida de los rectificadores el esquema unifilar típico es el mostrado a continuación, y es válido para ambas configuraciones de subestaciones (con acometida o sin acometida).

Figura No 262 Esquema unifilar tipo – Red de tracción y corriente continua



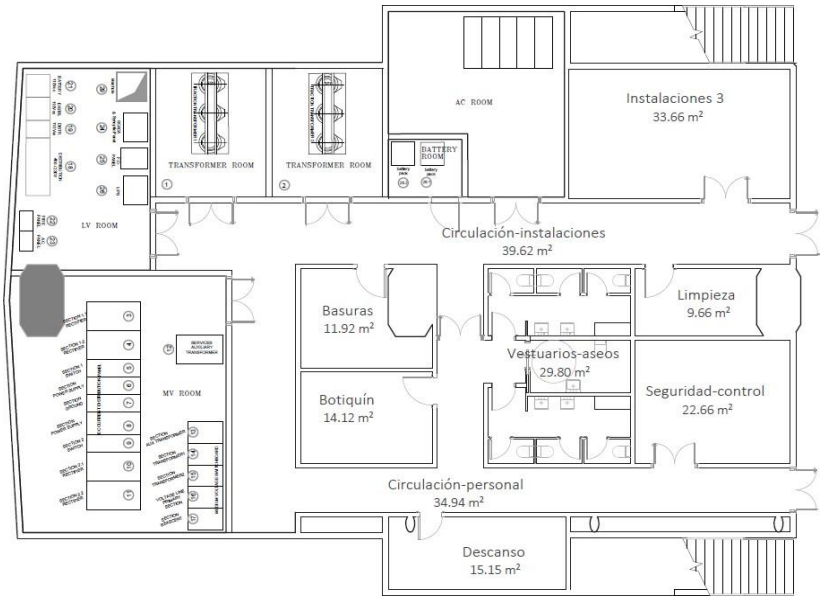
Fuente: Elaboración propia

Figura No 263 Planta tipo 1 – Subestación de tracción



Fuente: Elaboración propia

Figura No 264 Planta tipo 2 – Subestación de tracción



Fuente: Elaboración propia

Las subestaciones podrán estar ubicadas dentro de un recinto en la misma estación, o en una edificación tipo caseta en el exterior próximo a las estaciones.

A continuación, se incluye una planta tipo en función de los diferentes cuartos técnicos previstos en las estaciones para mostrar la distribución de los equipos anteriormente mencionados.

46. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE TRACCIÓN

Para la alimentación de tracción se utilizará un sistema basado en un tercer riel de alimentación. Este riel electrificado, será el encargado de proporcionar la energía eléctrica al material rodante para la alimentación de los motores. Este sistema estará compuesto por lo siguiente equipos:

- Cables de 1.500Vcc. Feeders de alimentación para la alimentación desde la salida de las celdas de alimentación de la Subestaciones de Tracción hasta los seccionadores de punta de feeder.
- Cables de conexionado de punta de feeder al tercer riel.
- Circuito de Retorno.
- Seccionadores.
- Canalizaciones.

A continuación, se realizará una descripción funcional de los equipos mencionados y unas especificaciones técnicas básicas de los mismos:

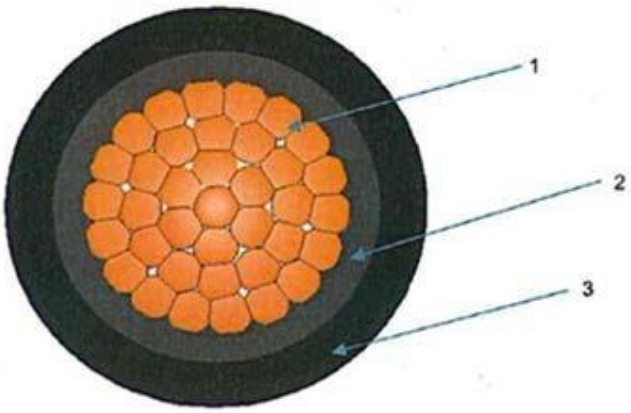
46.1. Cables Feeder

Cada uno de estos feeders de alimentación estará compuesto por un cable unipolar de cobre flexible de 500 mm2 de aislación seca XLPE. Las principales características técnicas de este cable son:

- Material — Cobre electrolítico
- Aislante — Polietileno reticulado (XLPE)
- Flexibilidad — Clase 5
- Libre de Halógenos — IEC 60754
- Cubierta exterior — HFFR. Libre de halógenos y

- efecto retardante de llama
- Tensión nominal de servicio Uo/U 0.6/1 kV
- Tensión máxima de funcionamiento 1.2 kV
- Mínima temperatura de instalación -20 °C
- Máxima temperatura de funcionamiento: 90 °C
- Mínima temperatura de funcionamiento: -40 °C
- Temperatura máxima del conductor durante cortocircuito 250 °C

Figura No 265 Configuración de tipo de cable Feeder



1	Conductor de cobre
2	Aislamiento de Polietileno Reticulado XLPE
3	Cubierta HFFR. Libre de halógenos y efecto retardante de llama

Fuente: Siemens

46.2. Circuito de retorno

El circuito de retorno lo forman tanto los carriles de rodadura por los que circulan la corriente desde el tren como los cables conectados al riel de rodadura, a la altura de la subestación, hasta el armario de negativos donde se conecta el negativo de los grupos rectificadores de tracción.

El cable de retorno utilizado será el mismo que el empleado como feeder de alimentación, es decir, cables unipolares de cobre flexible 500 mm2 de aislación seca XLPE.

Las principales características técnicas de este cable son:

- Material — Cobre electrolítico
- Aislante — Polietileno reticulado (XLPE)
- Flexibilidad — Clase 5
- Libre de Halógenos — IEC 60754
- Cubierta exterior — HFFR. Libre de halógenos y efecto retardante de llama
- Tensión nominal de servicio Uo/U — 0.6/1 kV
- Tensión máxima de funcionamiento — 1.2 kV
- Mínima temperatura de instalación — -20 °C
- Máxima temperatura de funcionamiento90 °C
- Mínima temperatura de funcionamiento -40 °C
- Temperatura máxima del conductor durante cortocircuito — 250 °C

46.3. Seccionadores

Para la configuración del sistema, existirán dos tipos de seccionadores. Los seccionadores de punta de feeder y los seccionadores de sección.

Los seccionadores de punta de feeder se conectan el extremo del feeder de alimentación que llega desde la subestación, en el otro terminal se conectan al tercer riel. Hacen la vez de interfaz entre la subestación y el tercer riel.

Situados próximos a la vía, su misión principal es la de protección pasiva en el caso de operaciones y mantenimiento en la vía. El control de la posición del seccionador de punta de feeder dará información de si la sección eléctrica está siendo alimentada desde la subestación, aunque para saber si la sección está realmente electrificada deberá conocerse el estado del resto de seccionadores conectados a dicha sección.

Los seccionadores de sección son aquellos cuya función es la de poder mantener la continuidad eléctrica entre distintas secciones en el caso de que alguna de ellas pierda el suministro o presente niveles de caída de tensión inadmisibles, y para aislar eléctricamente una vía sin que eso afecte a la operación del resto.

Como se puede ver en el esquema eléctrico, dependiendo de su funcionalidad se instalarán en posición de normalmente abierto o normalmente cerrado.

Los seccionadores normalmente cerrados se mantendrán en esta posición principalmente para mantener los márgenes de tensión entre vías que comparten posición de la subestación y para poder respaldarse en situaciones de fallo de uno de los seccionadores de punta de feeder. Cuando haya que aislar una de las secciones o una de las vías de la sección por inundación u otros motivos, se cambiarán de posición previa desconexión del interruptor aguas arriba.

También se instalarán seccionadores normalmente cerrados entre las secciones de subestaciones colaterales, para mantener la conexión en paralelo entre subestaciones rectificadoras.

Los seccionadores normalmente abiertos se mantendrán en esta posición entre secciones generalmente contiguas. Estos se cerrarán principalmente en el caso de fallo de alimentación eléctrica a una de las secciones o del fallo de una de las barras partidas de la subestación.

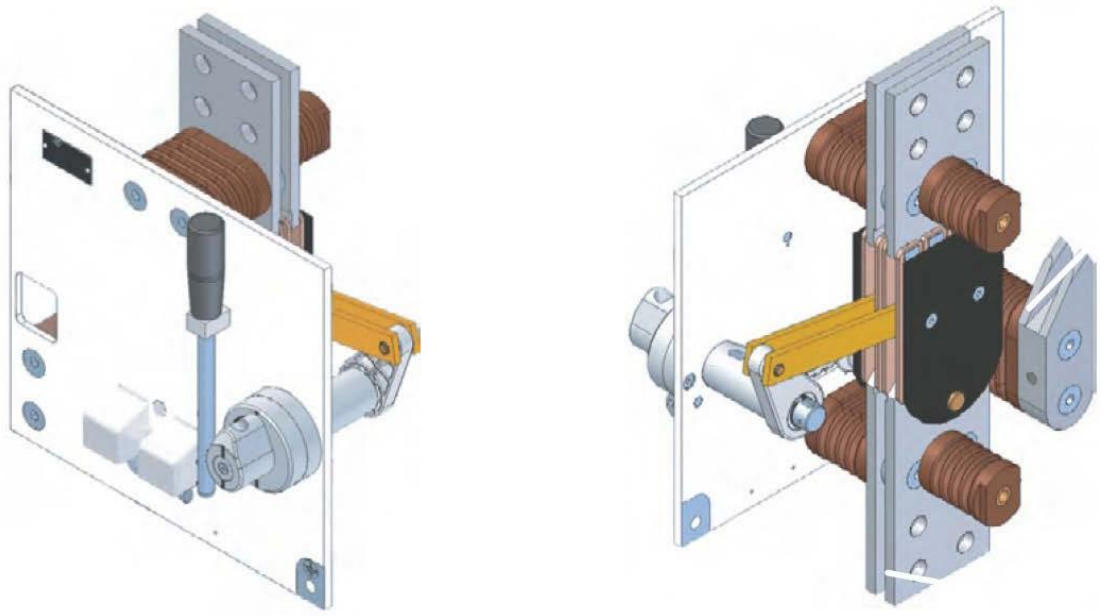
Las características principales de estos equipos serán:

- Unipolar.
- Instalación dentro de armario en vía.
- Tensión de servicio 1.500 V c.c. (+20% / -30%).
- Tensión máxima 2400 Vcc.
- Intensidad nominal 2000 A.
- Accionamiento manual y motorizado.
- Posibilidad de ser telemandado.

- Muy alta resistencia eléctrica debido a las altas líneas de fuga y distancias en aire.
- Larga vida útil y bajo mantenimiento debido a los materiales resistentes a la corrosión y superficie de plástico suelo-agua y repelente de los aisladores compuestos.
- Fácil instalación y resistente contra vandalismo.

La capacidad de sobrecarga mínima deberá coordinarse con el diseño de la subestación y con las condiciones de inductancia del circuito. Deberá incluir un bloqueo por comando, que impida la operación cuando se detecte la presencia de tensión de 1.500Vcc en cualquiera o en ambos extremos de este.

Figura No 266 Seleccionados unipolar tipo a instalar en armario



Fuente: Siemens

La instalación de los seccionadores requerirá la colocación de los armarios adecuados a fin de albergar en su interior el seccionador, calefactor y el tablero para la lógica de enclavamiento.

El armario deberá asegurar las condiciones mínimas de estanqueidad ante el polvo y la humedad según el grado de protección IP 54.

Deberá estar construido en chapa de acero al carbono de espesor 3.40 mm, sometida a tratamientos de arenado, fosfatizado, pintura base anticorrosiva y pintado exterior con pintura poliéster. Aptos para uso intemperie.

Estará provisto de una puerta abisagrada adecuada para cerrar mediante cerradura con llave maestra y deberá contar con pestañas para colocación de candados.

La apertura de las puertas del armario deberá estar enclavada con el estado del seccionador, de manera que ésta no se pueda abrir si el seccionador está cerrado. Igualmente, el seccionador no se podrá cerrar hasta que la puerta no esté cerrada. La parte de estos seccionadores a las que se tiene acceso para el cierre o apertura no estará bajo tensión y estará conectada permanentemente a tierra.

El armario deberá permitir una visualización clara o señalización lumínica que indique el estado del seccionador, abierto o cerrado.

46.4. Canalizaciones

Los cables que deberán ser tendidos hasta la vía y por tanto conducidos por canalizaciones son:

- Feeders de alimentación
- Cables de retorno
- Futuros cables de telemando y alimentación de los seccionadores

Las canalizaciones desde la subestación hasta la zona de las vías se llevarán en tubos por medio de canalizaciones prefabricadas, debidamente señalizadas. El planteamiento será el de llevar una canalización con todos los cables procedentes de cada barra de la subestación, en total dos por cada subestación, permitiendo así una cierta independencia por seguridad y evitando zanjas excesivamente profundas o anchas.

En cada una de esas canalizaciones se llevarán tanto los cables de feeder y retorno como el telemando y energía de los seccionadores de feeder y sección.

Tanto los cables de feeder como los de retorno se llevarán dentro de tubos de PVC rígidos lisos de 160 mm de diámetro exterior, con un máximo de 2 cables por tubos y quedando al menos un tubo de reserva. Los cables de feeder y de retorno se llevarán por tubos separados.

Los futuros cables de telemando y energía para alimentar los seccionadores de feeder y sección se llevarán dentro de tubos de PVC rígidos lisos de 110 mm de diámetro exterior.

El recorrido de las canalizaciones hasta la vía será diseñado de la manera óptima para llegar de reducir al máximo la distancia, siempre que sea posible, reduciendo al máximo los cruces con carreteras. En el caso de cruces de carreteras la canalización deberá llevar un refuerzo de hormigón.

Durante el recorrido de las canalizaciones hasta la vía se utilizarán arquetas para permitir los cambios de dirección y facilitar la instalación, hasta una arqueta próxima a la vía. La distancia entre arquetas será como máximo de 250 m que se corresponden con la máxima longitud de bobina del cable. Desde esta arqueta las canalizaciones deberán llevarse por debajo de las vías hasta las demás arquetas situadas entre las vías.

Se deberá evitar la acumulación de agua en las arquetas por medio de tubos de drenaje situados en el piso de cada arqueta y conectados con la correspondiente pendiente a la red de drenaje general de la vía.

Para el cruce inferior de las vías se hará igualmente por medio de canalización de hormigón. El número de tubos dependerá de la configuración y número de cables según cada caso.

47. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

De acuerdo con el sistema de electrificación previsto para el sistema ferroviario y en base a las características del sistema detalladas en este documento, se ha realizado la simulación eléctrica, tanto en Modo Operación Normal (todas las Subestaciones de Tracción prevista Operativas), como en Modo Degradado (Fallo eléctrico total en dos Subestaciones contiguas del sistema), llegándose a las siguientes conclusiones.

47.1. Análisis de caídas de tensión

El estudio de caídas de tensión del sistema en el tercer raíl muestra un valor mínimo obtenido de 1.075 Vcc en los casos más desfavorables en las operaciones normales y degradadas. Este valor se encuentra por encima del valor mínimo permitido (1.000 Vcc) por la norma UNE – EN 50163, por lo que en este apartado el sistema propuesto cumple con los requisitos normalizados y técnicamente presenta una solución factible y estandarizada con respecto a proyectos de naturaleza similar.

47.2. Estudio de potencia demandada

La simulación muestra unos valores máximos de potencia demandada en las Subestaciones de Tracción establecidos en una potencia total de 0,7 – 0,8 MW obtenidos en los casos más desfavorables en Operación Degradada.

El dimensionamiento de potencias de los grupos rectificador-transformador se ha realizado conforme a la simulación preliminar realizada y atendiendo a lo indicado en la norma CEI – 146.463.2 establecida para la clase de servicio VI en la cual se establece que los grupos rectificadores de una subestación de tracción deben permitir un régimen de trabajo capaz de soportar:

- 100% de carga en régimen permanente.
- 150% de carga durante 2 horas.
- 300% durante 5 minutos.

Se propone, por tanto, una configuración de grupo transformador – rectificador con potencias para los 3 ejes.

Eje Norte:

Cuadro No 99 Potencia estimada del grupo rectificador del Eje Norte

Subestación	Pk	Tramo	Potencia estimada grupo rectificador
SET 1	0+150	1	0,5 MW
SET 2	5+520	2	2x0,5 MW
SET 3	10+960	3	0,5 MW
SET 4	16+310	4	0,5 MW
SET 5	21+730	5	0,5 MW
SET 6	27+130	6	0,5 MW
SET 7	32+440	7	2x0,5 MW
SET 8	37+820	8	0,5 MW
SET 9	43+180	9	0,5 MW
SET 10	48+530	10	0,5 MW
SET 11	53+930	11	2x0,5 MW
SET 12	59+300	12	2x0,5 MW

Fuente: Elaboración propia

Eje Sur:

Cuadro No 100 Potencia estimada del grupo rectificador del Eje Sur

Subestación	Pk	Tramo	Potencia estimada grupo rectificador
SET 1	0+280	1	0,5 MW
SET 2	5+970	2	2x0,5 MW
SET 3	10+130	3	0,5 MW
SET 4	15+880	4	2x0,5 MW
SET 5	20+010	5	0,5 MW
SET 6	26+900	6	0,5 MW
SET 7	30+120	7	2x0,5 MW

Fuente: Elaboración propia

Eje Este:

Cuadro No 101 Potencia estimada del grupo rectificador del Eje Este

Subestación	Pk	Tramo	Potencia estimada grupo rectificador
SET 1	0+310	1	0,5 MW
SET 2	4+770	2	2x0,5 MW
SET 3	9+840	3	0,5 MW
SET 4	15+260	4	0,5 MW
SET 5	20+590	5	2x0,5 MW
SET 6	24+160	6	0,5 MW
SET 7	30+620	7	2x0,5 MW
SET 8	34+180	8	0,5 MW
SET 9	39+270	9	0,5 MW
SET 10	45+900	10	0,5 MW
SET 11	48+760	11	0,5 MW
SET 12	50+240	12	2x0,5 MW

Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN 12 – IDENTIFICACIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS NECESARIAS

Considerando que el trazo del tren de cercanías utilizará el actual derecho de vía férreo, no se requerirán obras complementarias de infraestructura vial de envergadura. Sin embargo; si se requiere el establecimiento de sistemas de señalización, comunicación y semaforización. En este apartado se presentan detalles de estos elementos que serán implementados para todo el proyecto. Se presenta además un plano de localización de señalización para el Eje Norte.

Adicionalmente se identificó la mejora de la accesibilidad de la vía sur de la terminal de transferencia norte que colinda con la estación intermodal norte del tren de cercanías.

48. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA

El objeto de este numeral es la definición de las características del Sistema de Señalización ferroviaria y Comunicaciones del presente proyecto. Se realiza una descripción de los elementos que compondrán el sistema, con la definición de las características principales y funcionales de los diferentes sistemas. Dada las particularidades del proyecto, se propone el siguiente sistema de señalización:

- Para los 3 ejes del proyecto se propone un Sistema de Anuncio de Señales y Frenado Automático (Sistema ASFA).

Este sistema seleccionado es completamente normalizado, con amplia implementación en otros sistemas ferroviarios similares, lo que permitirá diseños más acotados en normativas e instrucciones técnicas de referencia, acceso a materiales y sistemas estándares por parte de los fabricantes.

Como parte del contenido de este apartado, se incluye la definición del tipo de sistema de señalización propuesto, además, de una descripción básica de los componentes principales y requerimientos de diseño.

48.1. Criterios de diseño

Para los tres ejes del proyecto, se implementará un sistema de señalización lateral, con contadores de ejes y con un sistema de protección ASFA a través de balizas en vía y sistemas embarcados.

El sistema ASFA tomará la información necesaria de las señales y será compatible con la electrificación del tramo (norte, sur o este) y con las perturbaciones generadas por las corrientes y retorno de tracción y las corrientes regenerativas del freno e interferencias electromagnéticas.

Este sistema de Señalización y control de tráfico garantizará la seguridad en la circulación de trenes realiza la gestión de tráfico de trenes y permitirá cumplir los intervalos requeridos por la oferta de viajes definida.

El sistema dispondrá de los siguientes equipamientos:

- Enclavamientos electrónicos con la parte vital (CPU) redundada y las Cabinas Auxiliares o Controladores de Objetos necesarios. El nivel de integridad de seguridad corresponderá a un nivel 4 (SIL 4).
- Contadores de eje: Los contadores de ejes equivalen a un circuito de vía desde el punto de vista funcional y de seguridad, aportando unas ciertas ventajas como son la robustez del propio elemento ante agentes externos, menor mantenimiento y presenta unas mayores distancias de cantón frente a los circuitos de vía por audiofrecuencia. El nivel de seguridad considerado en estos equipos será SIL4.
- Motores de agujas con alimentación monofásica independiente desde el Enclavamiento.
- Señales luminosas LED normalizada.
- Sistemas de balizas ASFA.

48.2. Características generales

48.2.1. Sistema de enclavamiento

Los enclavamientos tendrán por objetivo principal garantizar la seguridad en la circulación de los trenes y las maniobras que estos realizan, así como permitir el cumplimiento de los intervalos requeridos por la oferta de viajes definida. Su función será garantizar la protección de itinerarios destinados a asegurar el movimiento de los trenes, utilizando para ello los controles de seguridad

necesarios incluyendo los itinerarios conflictivos, dirección del tráfico (incluyendo las zonas con contrasentido), antes de establecer un itinerario.

Los enclavamientos que se instalarán en las nuevas estaciones deberán ser de tecnología informática, tendrán un alto nivel de seguridad de acuerdo a las normas correspondientes, una arquitectura redundante tanto a nivel de procesamiento como de comunicaciones y deberán cumplir con los últimos estándares de la industria ferroviaria.

La instalación del sistema de enclavamiento electrónico centralizado será de última generación con un nivel de integridad de seguridad 4 (SIL 4), sin perjuicio de la NS- 07-50-0, una arquitectura redundante tanto a nivel de procesamiento como de comunicaciones. Debe tener procesamiento redundante 2 de 3 o superior, la conmutación entre las unidades de procesamiento se realizará de forma transparente tanto a nivel de control, supervisión y monitorización de los elementos de campo.

Los enclavamientos ofrecerán robustez, alta disponibilidad y un máximo nivel de seguridad, facilidad de operación (local y remota) y facilidad de integración con otros sistemas de señalización. También debe proporcionar facilidad de mantenimiento, basada entre otros aspectos en el modularidad y en la disponibilidad de herramientas específicas como autodiagnósticos y también terminales de mantenimiento donde se muestre el estado tanto de los elementos constituyentes del enclavamiento como de los elementos instalados en terreno.

En cada enclavamiento se contemplará e incorporará una reserva de su hardware del 20%, para la realización en el futuro de ampliaciones o modificaciones sin afectar la estructura general, de manera tal de reprogramar únicamente el software (configuración de la estación) para llevar a cabo la modificación y controlar los nuevos elementos.

Las instalaciones y/o equipos que se conectarán al enclavamiento son las siguientes:

- PCC
- Puesto de Mando Local.
- Talleres y Cocheras.
- Sistema de comunicaciones.
- Señales luminosas.
- Máquinas de cambio.
- Contadores de ejes.

48.2.1.1 Niveles de operación

A continuación, se realiza una descripción funcional del Enclavamiento Electrónico (ENCE), según la función específica a realizar. Dicha división por niveles es la siguiente:

Nivel de operación. El nivel de operación constará de los medios necesarios para la comunicación del Operador con el sistema. Para este fin, se dispondrá de la información en los monitores de color con la representación esquemática de vías y de las correspondientes indicaciones.

También dispondrá de un Puesto de Mando Local (PML) para realizar los mandos sobre el enclavamiento.

En el video gráfico se encontrará representado en forma esquemática el diagrama de vías. Por medio del ratón del PML se indica el itinerario. Esta forma de manejo resulta fácil, al tiempo que se reducen las introducciones de datos erróneas en comparación con un teclado alfanumérico para entrada de datos. Esta concepción del manejo hace innecesaria la memorización, por parte del operador, de las órdenes de establecimiento de itinerario.

Nivel de entrada/salida. Los equipos del nivel de entrada/salida distribuirán todas las informaciones dentro del sistema en sentido de entrada y salida, como por ejemplo la comunicación del sistema con el operador (IHM).

Los principales módulos del nivel de entrada/salida son el módulo de control de monitores y el módulo de operación y de indicación.

Nivel de seguridad. En el nivel de seguridad, núcleo del sistema, efectuará el tratamiento de las funciones centrales del enclavamiento tales como la comprobación, protección y anulación de los itinerarios.

La comprobación de itinerario se realizará mediante una comprobación de plausibilidad de realización, en la que se comprueban las rutas incompatibles entre sí. Se comprueba igualmente la ocupación de vía. La protección de itinerario procesa el enclavamiento de todos los aparatos de vía que hay para asegurar la ruta. Aquí estarán concentradas las tablas de itinerarios, datos del proyecto e informaciones acerca del estado actual de los elementos de mando.

Nivel de mando. Los módulos de mando de elementos tendrán la función de gobernar y supervisar los elementos de las instalaciones exteriores. Su actuación por medio de canales de datos y una alimentación descentralizada estará concebida de modo que introduce la separación entre el nivel de mando y la alimentación de energía. Por eso se admite cualquier distancia de mando. Un módulo de mando de elementos contiene la lógica para el tratamiento de los datos,

así como una sección de mando con conmutación de energía y dispositivos de supervisión para las instalaciones exteriores.

48.2.1.2 Bloqueos

El objeto del bloqueo en vía banalizada es el de establecer y asegurar un sentido de marcha para las circulaciones entre dos dependencias de circulación que comprenden desvíos, es decir, poseen señales con mando propio. El paso de las circulaciones en sentido contrario quedará prohibido cuando se establece un sentido en el bloqueo en vía banalizada.

Cuando se establece el bloqueo en un sentido, el enclavamiento ordena a las señales que se encuentran situadas en el trayecto que activen su mando, siempre que se cumplan todas las condiciones necesarias para ello.

El establecimiento del mando de las señales del Bloqueo es automático, no siendo necesaria ninguna orden por parte del operador de tráfico. El operador de tráfico sí puede pedir el cierre de estas señales para retirar el mando; ésta retirada de mando puede ser un comando individual para cada señal o un mando conjunto: el cierre de señales de bloqueo.

A su vez, el bloqueo en vía banalizada comprobará que no se produzcan movimientos incontrolados de materiales hacia el trayecto, “escapes de material”, produciendo un cierre de señales conjunto cuando se produzca esta eventualidad.

El trayecto que corresponde a un bloqueo en vía banalizada comprende la sección de vía situada entre dos señales de entrada de dos dependencias de circulación, que están unidas por dicha sección, entendiendo por dependencia de circulación a cualquier zona de desvíos, esto es, las estaciones comerciales, los apartaderos, los puestos de banalización y las bifurcaciones.

La implementación de este tipo de bloqueo se implementará dentro del enclavamiento electrónico y será gestionada directamente por él.

La interconexión entre los enclavamientos electrónicos se prevé mediante canales de comunicación redundantes, con un protocolo de seguridad, y cumpliendo los requerimientos de la norma CENELEC EN 50159-2: “Requisitos para la comunicación relacionada con la seguridad en los sistemas de transmisión abiertos”.

Registrador jurídico:

El Registrador Jurídico se corresponde básicamente con el sistema de almacenamiento seguro de la información de diagnóstico, estado, funcionamiento y operación del enclavamiento,

relacionada con la seguridad y control del tráfico, necesaria para el posible análisis de incidencias.

El Registrador Jurídico tendrá capacidad para almacenar tanto los cambios de estado de las variables del enclavamiento, las averías y fallos que se produzcan y detecten en el mismo, así como las órdenes enviadas al enclavamiento desde el PCC.

El Registrador Jurídico recibe de los enclavamientos la siguiente información: a) Cambio de estado; b) Averías; y c) Fallas.

Asimismo, el Registrador Jurídico recibe del PCC la siguiente información:

- Órdenes enviadas al enclavamiento.
- Inicio y fin de sesión.
- Adición / borrado de usuarios.
- Cambio en los permisos de los usuarios.
- Cambio de las claves de los usuarios.

Estas informaciones son posteriormente almacenadas localmente en su base de datos, con la marca de tiempo correspondiente a la fecha y hora en la que fueron recibidos. La consulta de los datos almacenados puede hacerse utilizando el sistema de ayuda al mantenimiento de enclavamiento.

48.2.1.3 Contadores de eje

Los contadores de ejes equivalen a un circuito de vía desde el punto de vista funcional y de seguridad, aportando unas ciertas ventajas como son la robustez del propio elemento ante agentes externos, menor mantenimiento y presenta unas mayores distancias de cantón frente a los circuitos de vía por audiofrecuencia. El nivel de seguridad considerado en estos equipos será SIL4. El sistema estará formado por:

En vía:

- Sensor de detección de rueda, formado por dos sensores inductivos empleados en la detección de paso de cada rueda.

- Caja de tierra acoplada al carril.
- Caja de conexión de cableado.

Equipamiento instalado en el controlador de objetos:

- Bastidor de tarjetas electrónicas.
- Tarjetas de protección contra picos de tensión.
- Tarjeta de fusibles de protección de la alimentación eléctrica.
- Tarjeta de alimentación y evaluación del sensor.
- Tarjeta contadora de ejes, encargada de procesar la información.

48.2.1.4 Motores de aguja

El sistema de accionamiento será el encargado de trasladar las agujas a las posiciones correspondientes de vía directa o desviada. También posibilitará el encerrojamiento correspondiente a la posición definitiva. El sistema de comprobación del motor proporcionará información de la posición correcta de todos los elementos móviles al final del movimiento, incluyendo también la posición del sistema de cerrojo, tanto si se trata de un sistema cerrojo externo, como si el accionamiento lleva incorporado un cerrojo interno.

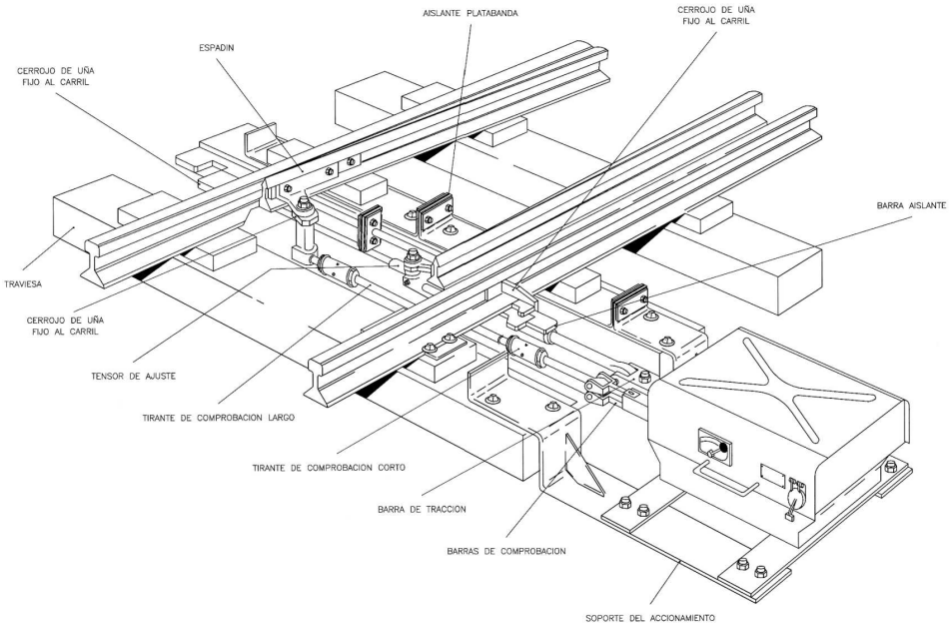
Los accionamientos tendrán un solo motor por aguja (accionamiento simple), en el caso de desvíos. En el caso de accionamientos de calces, también tendrán solamente un accionamiento por unidad de calce.

Cada accionamiento asociado a un desvío tendrá su propio circuito de mando, control y supervisión. El circuito de mando suministrará también la alimentación eléctrica al accionamiento. La lógica vital del circuito de mando permitirá que en caso incidencia en un motor, por ejemplo, por una obstrucción que impida el movimiento del aparato de vía, el circuito de mando corte la alimentación al motor con objeto de no dañarlo por sobrecalentamiento.

El Accionamiento Eléctrico de Agujas será un aparato de vía de diseño experimentado, robusto y de fácil mantenimiento, deben estar diseñados para condiciones adversas de funcionamiento, resistentes a actos vandálicos y descargas de corriente elevadas.

Los accionamientos eléctricos dispondrán elementos que permitan su movimiento de forma manual en ausencia de alimentación eléctrica.

Figura No 267 Ejemplo de accionamiento eléctrico



Fuente: UIC

48.2.1.5 Sistemas de señalización (señales luminosas)

Se instalarán señales luminosas de focos led independientes en todas las vías a señalizar correspondientes al trazado de los 3 ejes del proyecto.

Las señales luminosas LED se instalarán a un costado de las vías. Cuando no sea posible esto, se instalarán fijándolas al atravieso superior de los pórticos de catenarias, siempre respetando el galibo y las normativas de visibilidad. Estos pórticos estarán instalados aproximadamente cada 60 metros y las cámaras del banco de ductos principal se instalarán dentro de lo posible a pie de pórtico. En las situaciones que no coincidan con lo indicado, el contratista de señalización deberá realizar las adaptaciones de Obras Civiles necesarias para la instalación y conexión de las señales.

Además, se utilizarán paneles indicativos alfanuméricos en las señales avanzadas, para realizar indicaciones al maquinista, en caso de ser necesario, bien sobre la vía destino de tren o bien sobre la velocidad a la que debe pasar por los cambios.

El foco led estará desarrollado como fuente de luminosa para señales en líneas ferroviarias y como elemento de sustitución de las lámparas convencionales de incandescencia utilizadas en señalización ferroviaria.

El foco led permitirá su instalación en enclavamientos electrónicos o de relés, utilizándolos mismos sistemas de mando, comprobador de fusión de lámpara y control de lámpara en frío por impulsos de test.

Dispondrá de dos niveles luminosidad (Día-Noche), que se activará con orden expresa recibida desde los enclavamientos, en los cuales mantiene constante los niveles potencia consumida. Una salida auxiliar informará del nivel de luminosidad en la que se encuentra el foco.

Dispondrá de un nivel de seguridad SIL4 según normativa CENELEC.

El foco led cumplirá los requisitos de compatibilidad electromagnética según normativa CENELEC EN 50121-4.

El foco led dispondrá de un ángulo de salida de 15º, permitiendo la visión de la señal a distancias de hasta 600m.

El modelo térmico desarrollado, así como el sobredimensionamiento de led, esto permitirá que el sistema disponga de una vida útil superior a las 100.000 h para una temperatura ambiente de 40ºC.

Tipos de Señales

La señalización estará constituida por señales absolutas y no absolutas que solamente se encienden cuando son requeridas. Cuando no son requeridas reposan en su estado más restrictivo (señales absolutas, siempre con su foco alumbrando en aspecto Rojo solo y señales no absolutas siempre con su foco alumbrando en aspecto Amarillo solo).

En las señales absolutas que poseen tres focos, el superior al iluminarse presenta el aspecto Verde, el intermedio Rojo y el inferior Amarillo. En las señales absolutas que poseen dos focos, el superior al iluminarse presenta el aspecto Verde y el inferior Rojo. En las señales no absolutas, el foco superior al iluminarse presenta el aspecto Verde y el inferior Amarillo.

En el caso que la infraestructura esté equipada con doble vía, el CTC es bidireccional en ambas vías manteniendo todas las condiciones de seguridad, con señales laterales exclusivas para este efecto.

Las señales estarán instaladas en postes tubulares pintados de acuerdo a su tipo y funcionalidad.

En la parte superior del poste se ubicará el cuerpo de la señal, caja rectangular con pantalla negra contenedora de 1, 2 ó 3 luces dispuestas verticalmente cuyos colores reglamentarios son: Rojo, Verde y Amarillo.

Bajo la pantalla y sobre el poste, se ubicará un cartel identificador de la señal. En la mayoría de los casos, bajo el cartel también existirá una luz piloto auxiliar cuyo color reglamentario es Blanco o bien una pantalla rectangular alfanumérica.

Se distinguen tres tipos de señales:

- Principales (Entrada, Salida, Seguimiento y Avanzada Absoluta).
- Secundarias (Maniobras y Retroceso).
- Auxiliares (Avanzada No Absoluta, Indicadoras de Salida e Indicadoras de Protección Paso a Nivel).

Todas las señales de este sistema advierten la condición en que se encuentra la próxima señal a excepción de la señal de protección PaN que indica solamente la condición de protección en que se encuentra el cruce.

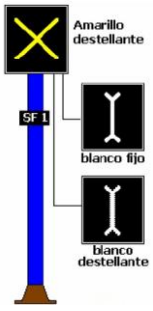
A continuación, se incluye una tabla con las señales principales, su función, aspecto y anuncio:

Cuadro No 102 Tipología y aspecto de señales (Parte 1)

TIPO DE SEÑAL	ASPECTO	FUNCIÓN SEGÚN ASPECTO
Señal de entrada		**Aspecto Verde solo**, indica vía libre y ordena circulación normal.
		Aspecto Amarillo solo, indica precaución y ordena que el tren debe ingresar a la estación con detención.
		Aspecto Verde y Amarillo simultáneo indica que el tren tiene pasada por la estación y la o las agujas de salida las tomará desviada.
		Aspecto Rojo solo, indica peligro y ordena al tren su detención ante la misma.
		Aspecto Rojo fijo/Blanco destellante simultáneo autoriza el ingreso a la estación, a vía no circuitada ("en rebase")
		Aspecto Rojo/Blanco fijo simultáneo autoriza el ingreso en maniobra a la estación, a vía ocupada o desocupada, circuitada o no circuitada.
Señal de Salida		**Aspecto Verde:** Indica vía libre y autoriza a iniciar o continuar la marcha sin restricción.
		Aspecto Amarillo: Indica precaución y ordena ir preparado a detenerse ante la señal siguiente a peligro.
		Aspecto Rojo: Indica peligro y ordena detención ante la misma.
		El aspecto Rojo/Blanco fijo simultáneo autoriza la ejecución de maniobras.
Señales de seguimiento		**Aspecto Verde:** Indica vía libre y autoriza al Maquinista a continuar la marcha sin restricción.
		Aspecto Amarillo: Indica precaución y ordena al Maquinista ponerse en disposición de detenerse ante la próxima señal, la cual encontrará a peligro.
		Aspecto Rojo: Indica peligro y ordena al Maquinista la detención ante la misma sin sobrepasarla.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la UIC

Cuadro No 103 Tipología y aspecto de señales (Parte 2)

TIPO DE SEÑAL	ASPECTO	FUNCIÓN SEGÚN ASPECTO
Señales de Avanzada		**El aspecto Verde:** indica vía libre sin restricción. La próxima señal de entrada también se encontrará a libre.
		El aspecto Amarillo: indica precaución y ordena al Maquinista ponerse en disposición de detenerse ante la señal de entrada siguiente la cual se encontrará a peligro. También este aspecto podrá indicar ingreso en rebase.
		El aspecto Verde/Amarillo fijo simultáneo con pantalla alfanumérica asociada señalando 30 o 40 km/h (dependiendo del sector) informa que el ingreso a la estación lo hará con los cambios de entrada invertidos y no podrá exceder la velocidad señalada en la pantalla al paso por éstos.
		El aspecto Rojo ordena detenerse ante la señal, sin sobrepasarla
Señales de Maniobra		**Aspecto Rojo/Blanco fijo simultáneo** autoriza el avance en maniobras.
		Aspecto Rojo solo, ordena detenerse ante la misma sin sobrepasarla.
Señales de PaN		**Aspecto barra vertical en Blanco fijo,** indica PaN protegido, paso sin restricción.
		Aspecto barra vertical en Blanco destellante, indica PaN protegido, pero con un defecto leve que no afecta la seguridad, paso sin restricción, Maquinista informa a la CCT.
		Aspecto X en Amarillo destellante, indica que el paso a nivel no está protegido y ordena continuar a Marcha Restringida hasta que la locomotora sobrepase el cruce. En los dos primeros casos, el Maquinista anunciará la cercanía del tren mediante el pito de aproximación. En el tercer caso, repetirá su anuncio si fuera necesario y avisará a la PCC.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la UIC

A continuación, se indican las distancias a las que se deberán ubicar las señales respecto a los puntos singulares que se indican:

- Señal de Entrada (E): Se instalará a la entrada de las estaciones o desvíos en plena vía, para autorizar la salida a vía principal. Se ubicará a 250m de la señal de retroceso.

- Señal de Salida (S): Se instalará como mínimo a una longitud de 4 metros desde el piquete de indicación de gálibo de entrada a las agujas en caso de que existan. En caso de no existir agujas se instalarán siempre fuera de la zona de andén.

- Señales de avanzada No absoluta (E'): Estas señales disponen solo de dos aspectos: Verde y Amarillo y su función es la de advertir al maquinista de las condiciones en que encontrará la señal de entrada siguiente y los cambios de entrada. Se instalarán a 600 metros o más de la señal de Entrada.

- Señal de Retroceso (R): Se instalará la señal de retroceso a aproximadamente 20m de la Junta de Contra Agujas.

- Señal de Maniobra (M): Se instalará la señal de retroceso a aproximadamente 20m de la Junta de Contra Agujas.

48.2.1.6 Pasos a Nivel (PaN)

Para el paso a nivel protegido mediante semibarreras automáticas (SBA) se instalarán, dos señales acústico luminosas a la carretera, dos semibarreras automáticas, señales al ferrocarril a ambos lados del paso, sistema de aviso a ambos lados del paso, circuito de vía para rearmar el Paso a Nivel y los armarios de mando y energía en donde se ubicarán los equipos electrónicos y la fuente de alimentación y baterías respectivamente.

Los pasos a nivel tendrán un carácter modular y todos sus componentes se agruparán, en función de su misión específica, en cinco subsistemas básicos: i) Detección; ii) Mando; iii) Protección; iv) Supervisión; y v) Alimentación.

Los elementos de protección con semibarreras no son señales activas de carretera, sino que se componen de:

- Señales luminosas de carretera.
- Señales acústicas.
- Semibarreras Automáticas.

En esta situación la activación de las protecciones del Paso a Nivel depende exclusivamente del subsistema de detección que en una circulación normal (no hay incidencias o fallos) se basa en los detectores de aviso direccionales situados a cada lado del paso. Por tanto, al actuar un tren sobre los circuitos de vía a ambos lados del PaN, la unidad de mando deberá iniciar la Secuencia de Protección del mismo.

La apertura o normalización del Paso a Nivel se efectuará por el paso de la circulación produciendo la ocupación y la liberación del Circuito de Vía y la detección y normalización del detector de rearme.

Al cumplirse todas las condiciones se producirá la normalización del Paso a Nivel apagándose las Señales al Ferrocarril, retirándose la orden de bajada de las barreras, y al comprobarse la situación de apertura de las barreras se procederá apagar las Señales Luminosas de Carretera.

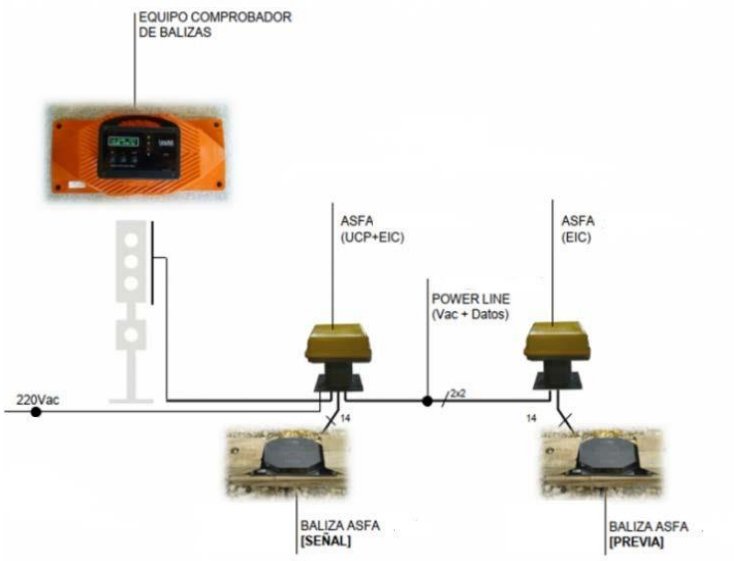
48.2.1.7 Sistema de protección ASFA

El sistema ASFA está constituido por dos conjuntos de equipos, uno instalado en vía, (ASFA VIA), y otro conjunto embarcado a bordo del material rodante, (ASFA A BORDO).

El sistema ASFA tomará la información necesaria de las señales y será compatible con la electrificación del tramo y con las perturbaciones generadas por las corrientes y retorno de tracción y las corrientes regenerativas del freno e interferencias electromagnéticas.

El esquema de principio del sistema ASFA es el indicado a continuación:

Figura No 268 Arquitectura del sistema ASFA



Fuente: UPM

A continuación, se efectúa una descripción básica y de los equipos de vía asociados que están previsto para el sistema ASFA del proyecto.

48.2.1.8 ASFA Vía

Las balizas son dispositivos estáticos y pasivos, es decir, no necesitan alimentación para realizar la transmisión de la información, aunque sí para variar la información a transmitir. La baliza se compone básicamente de un circuito resonante LC (bobina-condensador). En cada instante, la frecuencia de resonancia de este circuito es la información que transmite la baliza.

Existirán varios mensajes que proporcionados por el sistema de balizas:

Indicación del estado de señal verde, verde intermitente y L1 amarillo.

Indicación del estado de señal Rojo, que implicará parada de su señal asociada.

Control de velocidad (típicas en señales de avanzada) que anuncia reducción de velocidad para próxima parada en su señal asociada.

48.2.1.9 ASFA a bordo

Una parte del conjunto de equipos ASFA a bordo está formada por el sistema de captación. Este sistema consiste básicamente en un oscilador que conectado al captador oscila a una frecuencia denominada FP (Frecuencia Permanente).

Cuando el captador pasa sobre una baliza, el oscilador pierde la frecuencia permanente y pasa a oscilar a la frecuencia de resonancia del circuito de la baliza, con la que sintoniza mediante acoplamiento inductivo, recibiendo la información del aspecto de la señal asociada a ésta.

Esta información es presentada al maquinista para la adopción de las medidas oportunas. En caso contrario, el sistema desencadena el frenado por emergencia.

49. COMUNICACIONES

49.1. Criterios de diseño

La Red de Telecomunicaciones proporciona la infraestructura básica necesaria para la interconexión de los diferentes elementos y, evidentemente, su fiabilidad tiene una implicación directa en la disponibilidad del resto de los sistemas. Por ello, el criterio básico de diseño para la red de comunicaciones ha de ser la fiabilidad y garantía de disponibilidad.

El sistema de telecomunicación, particularizado para una línea de ferrocarril metropolitano, está constituido por dos grandes grupos:

Los medios físicos de la red y los sistemas de transmisión o comunicaciones primarias. Se les acostumbra a llamar Backbone (espina dorsal).

Los sistemas y equipos asociados a los diferentes servicios de voz, datos y vídeo; tanto de los servicios críticos como de los servicios complementarios.

49.2. Características generales

La red de comunicación primaria cubre las necesidades de telecomunicaciones de la línea. Se utiliza para transportar los datos relacionados con el funcionamiento y el mantenimiento de la línea entre el nodo central en el PCC, los nodos principales locales en cada estación y los nodos de telecomunicaciones a lo largo de la línea y dentro de los talleres. Todos los sistemas están conectados a la red multiservicio, la cual deberá satisfacer las demandas de seguridad existentes en los sistemas ferroviarios.

El sistema basado en la tecnología Ethernet IEEE 802.3 se compone de:

- Anillos de fibra óptica que conecta la línea al nodo principal del centro de control,
- Switches instalados en todos los nodos,
- Sistema de gestión de la red que proporciona información sobre el estado y las alarmas de los componentes y permite realizar operaciones de configuración y parametrización.

Este subsistema es la espina dorsal que comunica entre sí las diferentes ubicaciones:

- Estaciones.
- Puesto de Control Central (PCC).
- Talleres.

En cada punto de la red, un conmutador proporcionará la red de área local para ofrecer un servicio de conexión y comunicación a todos los equipos instalados en su entorno.

Los principales servicios transportados son:

- Sistema de control de tráfico centralizado (CTC).
- Sistema de comunicación de telefonía.
- Sistemas de voz e información al público.
- Sistema de Control de Pasajeros.
- Telemando de subestaciones.
- Telecontrol de las instalaciones fijas o equipamiento de sistemas.
- Telemando de Centros de Energía.
- Sistema de respaldo de la Señalización Ferroviaria.

El objetivo que se pretende alcanzar es el diseño de una red Gigabit Ethernet, conforme a los estándares IEEE 802.3 con capacidad GBE, 1/10 GBE o mayor, eficiente, estable, segura y más sencilla de instalar, gestionar y mantener. Para conseguirlo se siguen los siguientes principios generales.

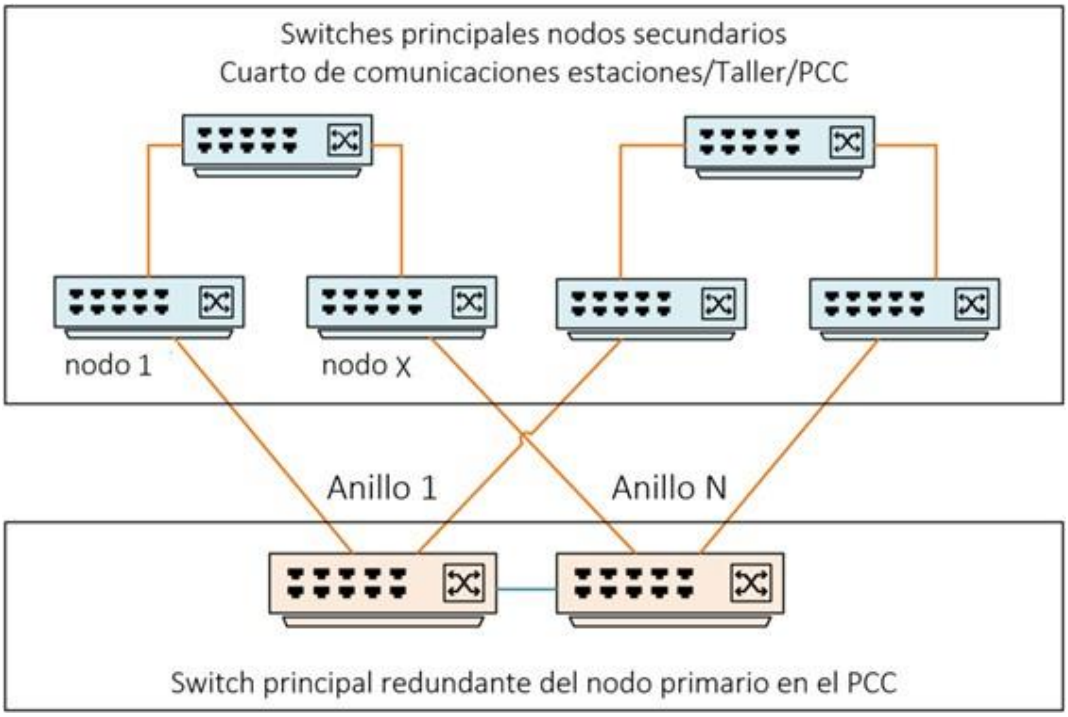
La red de comunicación primeria es en anillos, lo que ofrece una solución segura de alta disponibilidad a un costo razonable. En cada nodo, se instala un conmutador al que se conectan todos los equipos mediante un cable de cobre soportando los estándares POE. Estos switches estarán conectados por dos hilos de fibra óptica entre sí con el nodo principal del PCC.

Entre estaciones, la red de nivel físico incluye varios cables de fibra óptica en configuración de anillos.

El medio de transmisión utilizado para interconectar los diferentes nodos o equipos del subsistema de Comunicación Primaria estará formado por cables de fibra óptica monomodo. En las fases siguientes se realizará un dimensionamiento de esta red de fibra óptica conociendo el ancho de banda y el número de puertos necesarios en cada nodo.

El cable de fibra óptica se conectará al conmutador de la estación/recinto instalado en el cuarto técnico de Comunicaciones. Se deben cumplir las siguientes normativas para fibra óptica: ITU-T Rec. G.652 (Características de fibras ópticas monomodo y cable) y ITU-T Rec. G.655 (Características de fibras ópticas monomodo non-zero dispersión-shifted single-mode optical fibre and cable). En la imagen siguiente se muestra un ejemplo de red:

Figura No 269 Red principal de comunicación primaria



Fuente: UPM

Las comunicaciones entre el puesto de control central y el tren se realizarán a través de un sistema de comunicación GSM-R. La red GSM-R estará constituida por celdas elípticas dispuestas a lo largo del trazado, con antenas direccionales en la dirección de la vía. El diseño de una red completamente redundante sin ningún punto sencillo de fallo, que tenga un solapamiento total de todas las células, es la solución óptima que se desarrolla.

Las comunicaciones típicas que se realizarán a través de esta red son las indicadas a continuación:

- Comunicación entre controlador y maquinista.
- Control de trenes.
- Control remoto.
- Difusión en zonas de emergencia.
- Maniobras.
- Mantenimiento de vías.
- Comunicaciones ferroviarias auxiliares.
- Comunicaciones locales en estaciones y almacenes.
- Comunicaciones de larga distancias.
- Servicios para pasajeros.
- Numeración funcional.
- Numeración posicional.
- Confirmación de llamadas de alta prioridad.

Los elementos y equipamiento para la red de GSMR son los siguientes:

- Subsistema radio BSS: Se compone de la unidad de transcodificación y adaptación de velocidad de transmisión, TCU/TRAU, los controladores de estación base, BSC, y las estaciones base transceptoras, BTS.
- Estación base transceptora BTS: Estas se encuentran distribuidas a lo largo del trazado de las vías sobre la totalidad del área GSM-R. El área de servicio de las mismas puede estar

compuesta por una o varias celdas. Se trata de estaciones de radio que proporcionan todas las funciones necesarias en el emplazamiento de la antena. Soportan la interfaz de radio GSM-R Um, es decir, el camino radio entre la red GSM-R y las estaciones móviles. Operan en las bandas de frecuencias del sistema GSM-R. La configuración exacta de cada estación base se detalla en el documento de planificación radioeléctrica.

- Controlador de estaciones base BSC: Estos constituyen la parte inteligente del BSS y se encargan de manejar las funciones de control más importantes del BSS. También realizan las funciones de procesamiento de radio, tales como la administración de los recursos de radio, la administración de los canales de radio, la administración de las conexiones locales y las funciones de seguridad. Uno o más controladores de estaciones base pueden conectarse a una misma central de conmutación. Se pueden agrupar físicamente en un punto central, en los emplazamientos de la central de conmutación, o de forma remota en una caseta o espacio cerrado acondicionado para tal efecto.

- Unidad de transcodificación y adaptación de velocidades: Es el elemento que se encarga de la codificación y decodificación de los canales de tráfico de voz y de la adaptación de velocidades de los canales de tráfico de datos.

- Subsistema de conmutación NSS: Se encarga de los servicios de control de llamadas en la plataforma GSM-R. Conmuta las conexiones de radio entre:

    - Una estación móvil GSM-R y un terminal de red fija, PSTN/ISDN.

    - Una estación móvil GSM-R y otra estación móvil PLMN, red GSM o red GSM-R

    - Dos estaciones móviles dentro de la plataforma GSM-R.

- La central de conmutación se integra junto con el VLR en un mismo nodo de red físico. El VLR es, básicamente, una base de datos que contiene información sobre todos los abonados GSM que, en ese momento, son itinerantes en su área de servicio.

- Red inteligente IN: Este término hace referencia a un concepto de arquitectura de red que es válido para todas las redes de telecomunicaciones. La idea básica es introducir una capa de control que contenga la lógica de servicio y los datos de servicio en una localización central, y regular así, de un modo efectivo y flexible, la administración de los servicios existentes y de los nuevos servicios.

- Subsistema de operación: La arquitectura de estos sistemas está basada en la estructura cliente/servidor.

El sistema encargado de la operación y mantenimiento del subsistema de conmutación se denomina Switch Commander, SC, cuya funcionalidad se distribuye entre uno o varios servidores dependiendo de las configuraciones, y clientes, CT, desde los que los operadores pueden acceder a las funciones del sistema. De igual forma, para la operación y mantenimiento del subsistema radio se utiliza el OMC-R, con una estructura similar con servidores y clientes. Los servidores pueden tener conectadas las correspondientes impresoras de alarmas a través de la red de área local.

50. SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN VIARIA

50.1. Criterios de diseño

Los tres ejes del proyecto contarán con un sistema de señalización viaria que se basará en el concepto de marcha a la vista en el cual el peatón o conductor del vehículo será el responsable del respeto de la señalización.

El sistema será el habitual utilizado comúnmente, semáforos para vehículos, peatones, etc.

La señalización luminosa viaria y la del tren estarán sincronizadas mediante reguladores de tráfico.

El tren tendrá prioridad en todos los cruces viales para asegurar el cumplimiento de los itinerarios establecidos y mantener la seguridad.

La señalización del tren estará únicamente relacionada con la viaria en los cruces, donde existe riesgo de colisión entre el tranvía y los vehículos o de atropello a los peatones.

La señalización viaria consistirá en la instalación de señales luminosas (semáforos) en aquellas intersecciones en las que las intensidades de tráfico rodado y de peatones, por ser lo suficientemente elevadas, lo requieren. Además de los cruces, se establecerán cruces peatonales semaforizados en todas las paradas, a ambos lados del andén. Las intersecciones que afecten a la circulación del tren se semaforizarán completamente con nuevo equipamiento.

El nivel de semaforización será independiente de los enclavamientos, aunque tendrán la vinculación necesaria con los Controladores de Objetos para realizar las peticiones de prioridad de paso del tren. El estado de los cruces a nivel deberá visualizarse desde el PCC. Para no complicar la información al explotador, será suficiente con indicar la información de la operatividad del cruce. Este sistema dispondrá de tecnología de semaforización convencional de calzada.

Los reguladores de tráfico instalados en los cruces actuarán dando prioridad al tren mediante la programación del regulador, modificando la duración de la fase que da paso al tren. De este modo se evitará que el tren se detenga ante un cruce, o, si llega a pararse, lo haga el menor tiempo posible

manteniendo así la seguridad del cruce y procurando que el impacto sobre el tráfico sea el menor posible.

La prioridad de los trenes en los cruces con semáforos necesitará nuevas estrategias de regulación de los flujos viarios a lo largo de la línea de del ferrocarril. Con un sistema de prioridad en los cruces eficaz, la perturbación de la circulación viaria será limitada ya que el sistema dejará al tren el tiempo de paso mínimo suficiente.

La regulación de los cruces del ferrocarril se realizará en conformidad con el tipo de equipo y el modo de regulación utilizados para los cruces actuales de la zona del proyecto. Estos integrarán las características especiales propias de las necesidades del ferrocarril y que se encuentran descritas a continuación.

50.2. Características Funcionales

Cada cruce será autónomo y dispondrá de los equipos necesarios para su funcionamiento:

- Detectores de paso del tren.
- Un controlador de cruces.
- Dispositivos de señalización luminosa.

La regulación de los flujos será tratada por micro-regulación local al nivel del controlador de cruce.

Todos los cruces estarán comunicados entre sí, por equipos que permitan el traspaso de la información necesaria para su coordinación (señales de sincronización, ondas verdes, estado de ciertos bucles, etc.).

Para ello, los cables de comunicación podrán tenderse por los tubos de la canalización de comunicaciones del ferrocarril.

Cuando los vínculos entre los cruces situados en el trazado ferroviario con otros cruces de zonas urbanas más cercanos sean necesarios (ondas verdes, sincronización, etc.), esos cruces serán conectados entre ellos para facilitar su coordinación.

En el Puesto de Control Central (PCC) existirá un Puesto de Control de Cruces Viarios (PCCV), todos los cruces del ferrocarril estarán directamente vinculados a dicho Puesto de Control mediante comunicación a través de un cable de fibra óptica exclusivo para este uso.

La señalización del tren gestionará los movimientos de los trenes en función de las condiciones establecidas (itinerarios solicitados, ocupación de las zonas, posición de las agujas).

Habrá intercambio de información entre el controlador de cruce y el controlador de objetos que gestione la señalización ferroviaria para sincronizar los semáforos viales y del ferrocarril, en las zonas donde los dos tipos de señalización están presentes.

50.2.1. Prioridad en la operación

En el controlador de cruce se tratará de forma local el inicio de las fases de prioridad del tren sobre el cruce con el tráfico viario.

La prioridad absoluta recaerá en mayor parte sobre un conocimiento óptimo de la posición del tranvía en una cercanía suficientemente amplia de cada cruce con semáforos.

La posición del tren será detectada mediante captadores situados en los puntos que representen una incertidumbre en la progresión del tren, debido al riesgo de parada o a la importancia de las inter distancias. De este modo, será necesario conocer:

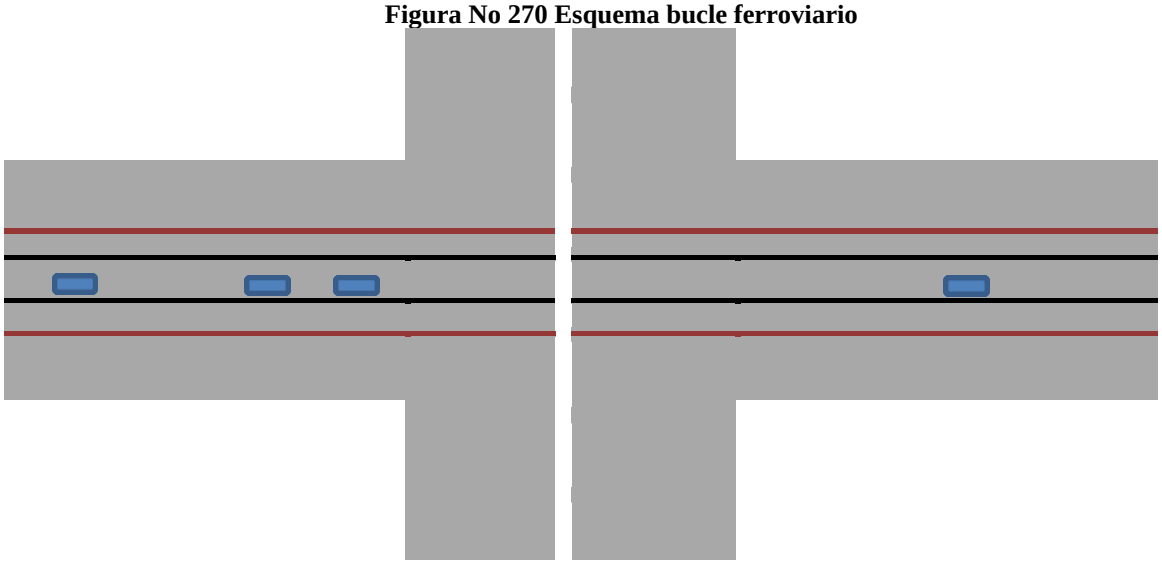
- La llegada del tren a un punto de parada potencial (estación o pie de semáforo),
- Su salida desde el punto de parada.

Para lograr dicho objetivo, los controladores de cruces detectarán a los trenes por medio de emisores instalados en los tranvías y de bucles "activos" en el suelo.

Para un sentido de progresión del tren y para cada cruce, la señalización viaria utilizará las informaciones indicadas por los siguientes bucles:

- Bucle 1 = Punto de detección.
- Bucle 2 = Punto de confirmación.
- Bucle 3 = Punto de proximidad (a pie de semáforo).
- Bucle 4 = Punto de rearme.

Figura No 270 Esquema bucle ferroviario



Fuente: Elaboración propia

En aquellos casos en los que los cruces sean estrechos, el bucle de proximidad se utilizará a pie de señal con las funciones conjuntas de proximidad y confirmación.

Los bucles de detección estarán situados:

- En cada parada (bucles de llamada o de confirmación)
- A unos metros por encima de cada línea de semáforos (bucles de proximidad)
- A la salida de cada cruce (bucles de rearme)
- En cada sitio donde sea necesario conocer la posición del tren respecto al funcionamiento de un cruce.

Un bucle podrá ser utilizado para varios cruces, por ejemplo, un bucle de proximidad de un cruce podrá servir de bucle de detección del siguiente cruce.

Cada convoy ferroviario estará equipado con 2 emisores colocados debajo del tren, 1 delante y 1 detrás. Los emisores podrán emitir varias frecuencias para identificar la parte delantera y trasera de un tren.

Los detectores se ubicarán siempre en la plataforma ferroviaria, jamás en los pasos de vehículos (automóviles, buses, camiones); por ejemplo, no se pondrán estos detectores en un paso de coches en un cruce o rotonda, para evitar el daño de las cajas de los detectores por los vehículos como los camiones o buses.

50.2.2. Señalización luminosa

La señalización luminosa se sitúa en un plano perpendicular al eje de la vía.

Señalización Luminosa Vehículos: Los semáforos vendrán complementados con sonidos acústicos para el paso de peatones.

Cuadro No 104 Semaforización vial

SÍMBOLO	SITUACIÓN
	Paso de vehículos prohibido.
	Detección del vehículo previa a rojo.
	Paso de vehículos autorizado.

Fuente: Elaboración propia

Señalización Luminosa Peatones: Los semáforos vendrán complementados con sonidos acústicos para el paso de peatones.

Cuadro No 105 Semaforización peatonal

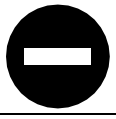
SÍMBOLO	SITUACIÓN
	Semáforo peatón rojo Prohíbe el paso de peatones.
	Semáforo peatón verde Permite el paso de peatones.

Fuente: Elaboración propia

Señalización luminosa ferroviaria: La señalización luminosa del tren deberá distinguirse claramente de la señalización de los automóviles y peatones.

Las informaciones que serán presentadas al conductor de tren serán monocromas. Las formas y principios funcionales de estas señales se describen a continuación:

Cuadro No 106 Semaforización ferroviaria

SÍMBOLO	SITUACIÓN
	Paso prohibido Barra horizontal, equivale a un rojo de señalización ferroviaria: el conductor no puede rebasar la señal.
	Aviso de parada inminente Círculo central, equivale a un ámbar de señalización viaria: la señal está en proceso de cierre. EL conductor debe pararse si su velocidad permite hacerlo sin franquear la señal.
	Vía libre Barra vertical, equivale a un verde de señalización ferroviaria: el conductor está autorizado a rebasar la señal y atravesar el cruce, siempre respetando las condiciones de marcha a la vista y a velocidad limitada.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la UIC

Los semáforos podrán estar completados por un semáforo suplementario de ayuda a la conducción del tranvía, equipado de 2 señales. Estas señales podrán ser un rombo y un punto de exclamación intermitente.

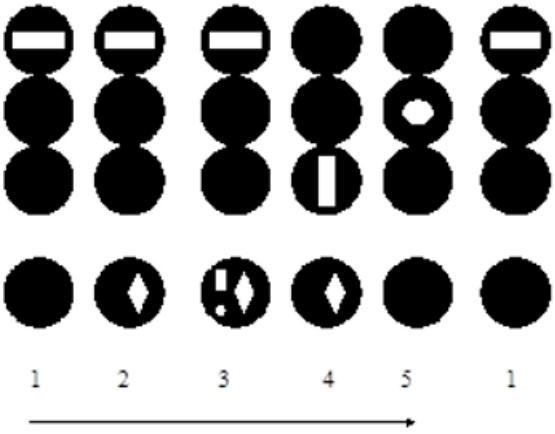
Cuadro No 107 Semaforización ferroviaria adicional

SÍMBOLO	SITUACIÓN
	Petición de prioridad en procesoRombo ámbar fijo. El regulador de cruce ha aceptado y está procesando la petición de prioridad deltranvía.
	Cambio de estado inminente Símbolo de exclamación azul intermitente. El regulador de cruce ha aceptado y está procesando la petición de prioridad deltranvía y la señal va a cambiar de aspecto de forma inminente.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la UIC

Los estados luminosos se suceden en el siguiente orden:

Figura No 271 Estados de semaforización



Fuente: Elaboración propia en base a información de la UIC

El símbolo de exclamación intermitente puede ser utilizado entre los estados 4 y 5, en anticipación de la señal equivalente al amarillo.

En el caso en el que el conductor no pueda ver el estado de las señales de cruce, una señal de repetición avanzada será instalada, indicando el estado de la señal.

Esta señal de repetición se limita a 2 aspectos:

Cuadro No 108 Semaforización ferroviaria avanzada

Símbolo	SITUACIÓN
	Barra vertical, la señal de cruce está en el estado 4 indica en la figura de la secuencia.
	Un foco de petición de prioridad.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la UIC

50.2.3. Señalización vertical

La señalización vertical será el conjunto de señales fijas no luminosas destinadas a advertir, reglamentar o informar a los vehículos y peatones con la debida antelación de determinadas circunstancias de la propia vía o de la circulación. Este tipo señalización prevalecerá sobre la horizontal, ya que es a través de ella por donde el conductor recibe la mayor parte de la información.

Para indicar su significado, las señales se valen de su forma, su color y su símbolo. Las señales se clasificarán según:

- Señales de peligro: Serán de forma triangular con el vértice apuntando hacia arriba, enmarcadas con un borde rojo y fondo blanco, o amarillo en el caso de corresponder a una zona en obras. Indicarán la existencia de zonas cuyo trazado, regulación o emplazamiento puedan provocar situaciones de mayor riesgo para el conductor.

- Señales de reglamentación: Tendrán forma circular, pudiendo ser de prioridad, prohibición (borde rojo, fondo blanco), fin de prohibición, obligación (fondo azul, orla blanca) y restricción de paso. Se emplearán para reglamentar y jerarquizar la accesibilidad y preferencia de las distintas vías.

- Señales de indicación: De forma rectangular, su misión será la de facilitar al conductor la información correspondiente a la vía y sus servicios, las normas y el sentido de circulación que rigen en la misma.
- Paneles indicadores de prioridad tranviaria
- Paneles de advertencia al cruce de peatones
- Paneles de advertencia de riesgo eléctrico.
- Paneles de limitación de galibo por catenaria.
- Paneles de acceso prohibido a peatones
- Otros.

La Señalización vertical se situará en un plano perpendicular al eje de la vía.

50.2.4. Señalización horizontal

Se denominan señales horizontales a los elementos de señalización situados en la superficie de la plataforma de la vía. Suponen un complemento a la señalización vertical y tienen como principal misión encauzar el tráfico.

La señalización horizontal será de color blanco, aunque podrán adoptar otros colores según delimiten zonas de obras (naranja), de regulación de parada de vehículos (amarillo) o de estacionamiento (azul).

La señalización horizontal se situará sobre la propia vía. Existirán tres tipos de marcas viales:

- Longitudinales: Discurren paralelas al eje de la calzada, empleándose fundamentalmente para separar sentidos de circulación, delimitar los carriles y vías especiales y ejercer funciones de regulación del tráfico. Podrán ser continuas o discontinuas, cuya su longitud de trazo irá en función de la velocidad específica de la vía.
- Transversales: Serán perpendiculares a la dirección de circulación y delimitan zonas de detención de vehículos o pasos de peatones. Al igual que las anteriores podrán ser continuas o discontinuas.

- Signos: En este grupo se engloban otros símbolos que pueden parecer en el pavimento, tales como flechas de dirección, palabras (STOP, CEDA EL PASO, carriles bus, taxi) o cebreados, que delimitan zonas por la que está prohibido circular. Algunas de ellas también condicionarán su longitud a la velocidad específica de la carretera.

50.2.5. Señalización fija complementaria

Con objeto de garantizar la seguridad de los usuarios de las vías públicas, se deberán instalar las señalizaciones de seguridad necesarias:

- Paneles indicadores de prioridad tranviaria.
- Paneles de advertencia al cruce de peatones.
- Paneles de advertencia de riesgo eléctrico.
- Paneles de limitación de galibo por catenaria.
- Paneles de acceso prohibido a peatones.
- Otros.

50.2.6. Clasificación de los cruces

Se precisará en la fase de diseño el número y la ubicación de los indicadores y lo someterá a la aprobación del impulsor del proyecto, sin embargo; los cruces podrán estar clasificados en 3 tipos de cruces:

- S = simple, nº de semáforos < 6
- M = medio, 6 < nº de semáforos < 12
- C = complicado, 12 < nº de semáforos

Se deberá realizar un estudio de clasificación de los tipos de cruces de manera a establecer la secuenciación más adecuada que asegure la prioridad de paso al tranvía en el mayor número de casos posible (nunca inferior al 80% de las peticiones) y que permita una fluidez del tráfico rodado aceptable.

50.3. Características Generales

50.3.1. Armario de Señalización Viaria

Los armarios de los controladores de señalización viaria se insertarán a lo largo de la línea a la derecha de los cruces correspondientes.

Estos armarios serán metálicos y deberán responder al índice de protección IP 559 según la norma EN 60529/A1.

Deberán presentar una protección suficiente contra el vandalismo (imposibilidad de fijar carteles, robos, roturas...). Además, su aspecto exterior deberá tener en cuenta las posibles exigencias arquitectónicas impuestas por los ayuntamientos.

Se deberá prever una ventilación natural (no motorizada) mediante rejillas de ventilación en las puertas delante y detrás y por sobreelevación del panel superior.

Cada armario integrará el control, los detectores y el conjunto de materiales necesarios para el buen funcionamiento del cruce asociado.

50.3.2. Luces de Señalización

Las luces de señalización de carretera y de tranvía, así como los paneles luminosos, serán de diodos electroluminiscentes homologados, de doble envoltura (clase II) y deberán responder a un índice de protección como mínimo igual a IP549.

50.3.3. Elementos de señalización para automóviles y peatones

Los principales elementos de señalización viaria a instalar serán:

- Lámpara para luces tricolores (rojo, ámbar y verde) de diámetro 300mm y 200mm.
- Lámpara para el repetidor de luces tricolores (rojo, ámbar y verde) de diámetro 80mm mínimo.
- Señal de peatones (rojo y verde) que comprenda 2 perfiles.
- Flecha intermitente (amarilla) de diámetro 200mm.

- Aspa (roja) de diámetro 200mm.

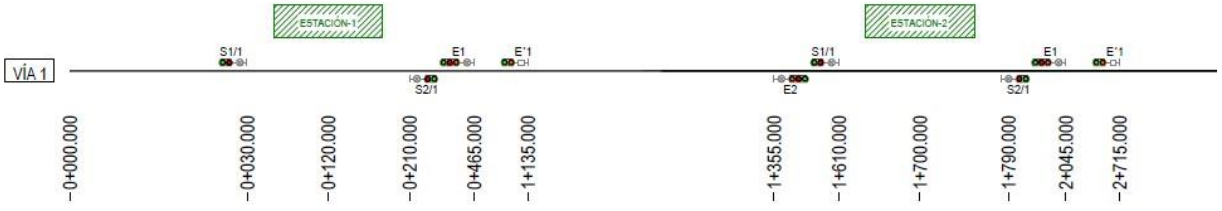
50.3.4. Elementos de señalización para el tren

Los principales elementos de señalización para el tranvía que se instalarán serán:

- Señal de parada (barra horizontal).
- Señal de anuncio de parada (redonda centrada).
- Señal de vía libre (barra vertical).
- Luz de ayuda para la conducción equipada (rombo y exclamación)
- Señal de repetición avanzada compuesta por dos lámparas de diámetro 80mm al menos. Esta señal reproducirá el estado de la señal de vía libre y de la luz de ayuda para la conducción.

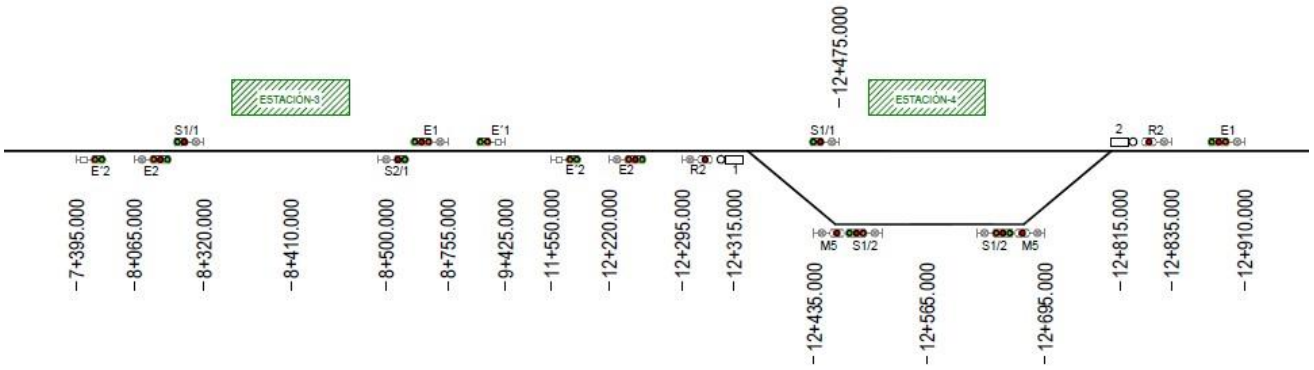
En las figuras siguientes se presentan las localizaciones de las señalizaciones a lo largo de todo el Eje Norte.

Figura No 272 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 1 y 2)



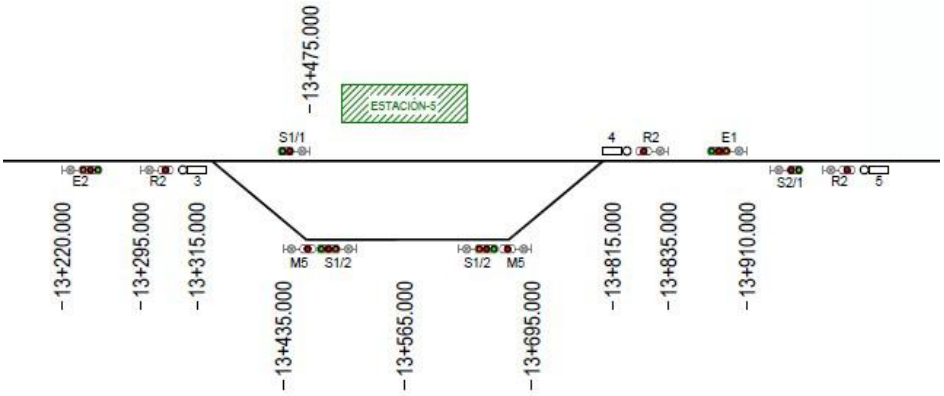
Fuente: Elaboración propia

Figura No 273 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 3 y 4)



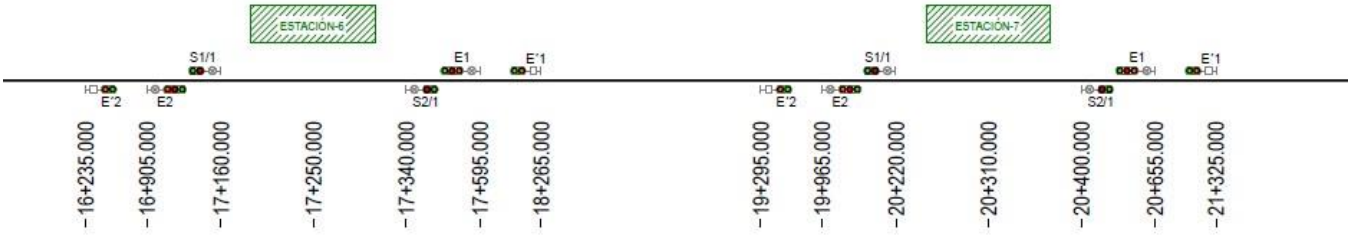
Fuente: Elaboración propia

Figura No 274 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estación 5)



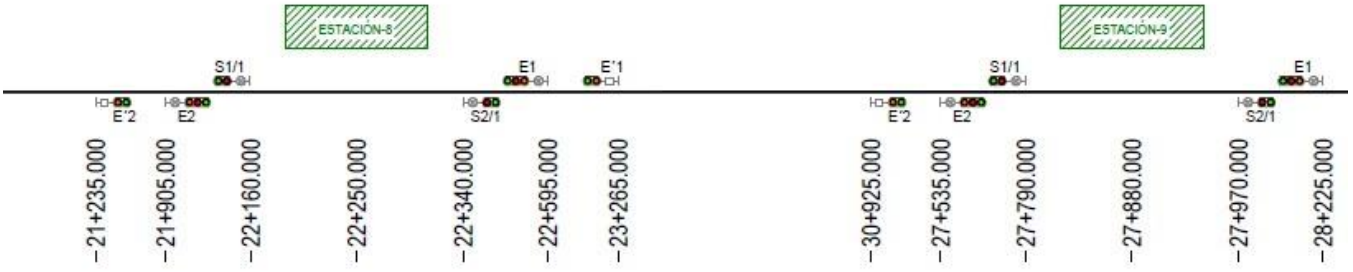
Fuente: Elaboración propia

Figura No 275 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 6 y 7)



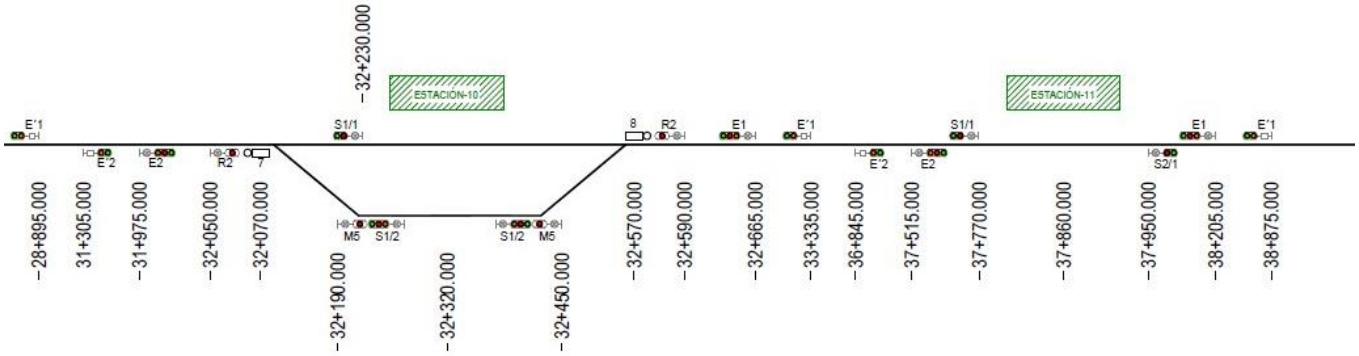
Fuente: Elaboración propia

Figura No 276 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 8 y 9)



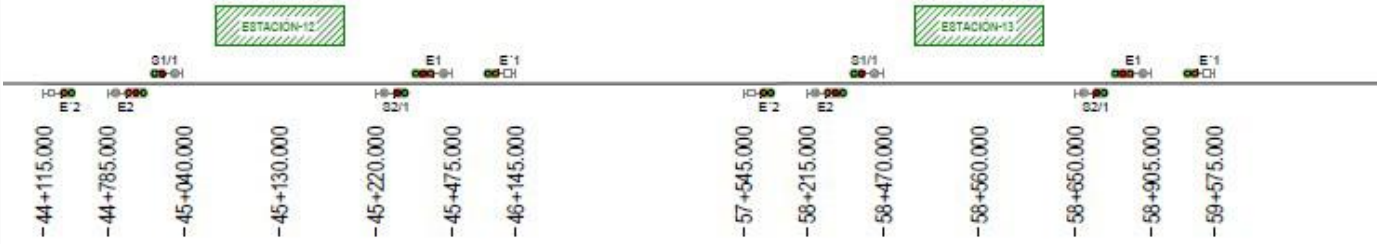
Fuente: Elaboración propia

Figura No 277 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 10 y 11)



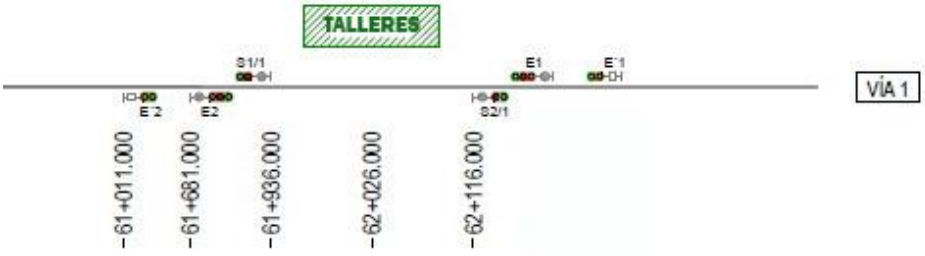
Fuente: Elaboración propia

Figura No 278 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Estaciones 12 y 13)



Fuente: Elaboración propia

Figura No 279 Esquema y localización de señalizaciones en el Eje Norte (Talleres)



Fuente: Elaboración propia

51. MEJORAMIENTO VIAL

Al margen de los mejoramientos de las obras en las localizaciones de cada una de las estaciones del tren de cercanías, la obra más significativa del proyecto tiene que ver con la mejora en la accesibilidad de la estación intermodal del norte que se localiza en el predio de la terminal de transferencia norte.

Figura No 280 Vía a construir en la Terminal de Transferencia Norte

Fuente: Elaboración propia

Se trata de una vía de 1921 metros de longitud y un área de 62.132 mts.

SECCIÓN 13 – ANÁLISIS DE COSTOS APROXIMADOS DE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA (POR FASES)

En línea con lo definido en apartados precedentes referido a las fases. Se definió que las mismas corresponde a: Fase 1 es el Eje Norte; Fase 2 es el Eje Sur; y Fase 3 es el Eje Este. En dicho sentido, se presentan los costos de cada Fase a continuación.

52. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL EJE NORTE

El Eje Norte es el de mayor longitud de todo el proyecto, cuyas características técnicas son las siguientes.

Cuadro No 109 Características técnicas del eje norte

Línea	Características
EJE NORTE	**Longitud del Corredor** • **62,00 km.** **Número de Estaciones** • **13 estaciones** **Tipo de trenes (longitud y número de vagones),** • TREN TRAM con posibilidad de configuración como tranvía clásico, pero también como tren de cercanías, alcanzando una velocidad máxima operativa de 100 km/h. Longitud composición simple: 36 - 40 m (según fabricante). Nº vagones composición simple: 4 - 5 (según fabricante). **Capacidad (número de pasajeros),** • 200 a 300 pasajeros (según fabricante). **Número de Trenes,** • **7 trenes** **Tiempos de Viaje,** • **Santa Cruz - Warnes - Montero**: 1 hora. **Contaminación,** Cero emisiones, trenes de alimentación eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

En relación a los costos de implementación del Eje Norte, los mismos son los siguientes:

Cuadro No 110 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Norte

	RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO	MONTO ($us.)
1	TRABAJOS PREVIOS	149.711,29
2	EJE NORTE (SANTA CRUZ - WARNES - MONTERO)	216.255.387,90
3	ESTACIÓN CENTRAL	4.322.627,30
4	ESTACIÓN PRINCIPAL	3.000.000,00
5	ESTACIONES DOBLES	1.500.000,00
6	ESTACIONES SIMPLES	4.000.000,00
7	TALLERES, COCHERAS Y PUESTO CENTRAL DE CONTROL	78.982.277,46
8	SISTEMAS COMPLEMENTARIOS (ELECTRIF, RECAUDO, INFORMACIONES, SEÑALIZACIÓN, ETC)	62.388.308,41
9	MATERIAL RODANTE CARGA	16.000.000,00
10	MATERIAL RODANTE PASAJEROS	58.400.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN		**444.998.312,36**

Fuente: Elaboración propia

Los trabajos previos son los trabajos de prevención medioambiental y de socialización con los vecinos en áreas determinadas. Ello requiere de una inversión de USd 149.711,29. Por otra parte, la vía férrea tiene un presupuesto de USd 216.255.387,90. Las estaciones en su conjunto requieren de USd 12.822.627. Se construirán talleres y cocheras y en centro de control por un valor de USd. 78.892.277,46.

Los sistemas complementarios (recaudo, información a usuario, señalizaciones ferroviarias, electrificación) necesitan de una inversión de 62.288.308,41. Mientras que el material rodante (carga y pasajeros) requiere de un presupuesto total de USd 74,4 millones.

Considerando todos los componentes del proyecto, el presupuesto global para la implementación del Eje norte es USd. 444.998.312.

53. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL EJE SUR

El Eje Sur es el de mayor longitud de todo el proyecto, cuyas características técnicas son las siguientes.

Cuadro No 111 Características técnicas del eje sur

Línea	Características
EJE SUR	**Longitud del Corredor** • **51,60 km.** **Número de Estaciones** • **7 estaciones** **Tipo de trenes (longitud y número de vagones).** • TREN TRAM con posibilidad de configuración como tranvía clásico, pero también como tren de cercanías, alcanzando una velocidad máxima operativa de 100 km/h. Longitud composición simple: 36 - 40 m (según fabricante). Nº vagones composición simple: 4 - 5 (según fabricante). **Capacidad (número de pasajeros).** • 200 a 300 pasajeros (según fabricante). **Número de Trenes.** • **6 trenes** **Tiempos de Viaje.** • **Santa Cruz - Cotoca - Pailón**: 50 min. **Contaminación.** Cero emisiones, trenes de alimentación eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

En relación a los costos de implementación del Eje Este, los mismos son los siguientes:

Cuadro No 112 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Sur

	RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO	MONTO ($us.)
1	TRABAJOS PREVIOS	75.338,58
2	EJE SUR (SANTA CRUZ - LA GUARDIA)	109.200.000,00
3	ESTACIONES DOBLES	750.000,00
4	ESTACIONES SIMPLES	4.000.000,00
5	TALLERES, COCHERAS Y PUESTO CENTRAL DE CONTROL	16.203.938,91
6	SISTEMAS COMPLEMENTARIOS (ELECTRIF, RECAUDO, INFORMACIONES, SEÑALIZACIÓN, ETC)	41.005.528,00
7	MATERIAL RODANTE CARGA	8.000.000,00
8	MATERIAL RODANTE PASAJEROS	36.500.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN		**215.734.805,49**

Fuente: Elaboración propia

Los trabajos previos son los trabajos de prevención medioambiental y de socialización con los vecinos en áreas determinadas. Ello requiere de una inversión de USd 75.338,58. Por otra parte, la vía férrea tiene un presupuesto de USd 109,2 millones. Las estaciones (dobles y simples) requieren de USd 4 millones 750mil. Se construirán talleres y cocheras y en centro de control por un valor de USd. 16.203.938,91.

Los sistemas complementarios (recaudo, información a usuario, señalizaciones ferroviarias, electrificación, etc.) necesitan de una inversión de USd 41.005.528. Por su parte, el material rodante (carga y pasajeros) requiere de un presupuesto total de de USd 44,5 millones.

Considerando todos los componentes del proyecto, el presupuesto global para la implementación del Eje Este es USd. 215.734.805.

54. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL EJE ESTE

El Eje Este es el de mayor longitud de todo el proyecto, cuyas características técnicas son las siguientes.

Cuadro No 113 Características técnicas del eje este

Línea	Características
EJE ESTE	**Longitud del Corredor** • **51,60 km.** **Número de Estaciones** • **7 estaciones** **Tipo de trenes (longitud y número de vagones),** • TREN TRAM con posibilidad de configuración como tranvía clásico, pero también como tren de cercanías, alcanzando una velocidad máxima operativa de 100 km/h. Longitud composición simple: 36 - 40 m (según fabricante). Nº vagones composición simple: 4 - 5 (según fabricante). **Capacidad (número de pasajeros),** • 200 a 300 pasajeros (según fabricante). **Número de Trenes.** • **6 trenes** **Tiempos de Viaje.** • **Santa Cruz - Cotoca - Pailón**: 50 min. **Contaminación.** Cero emisiones, trenes de alimentación eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

En relación a los costos de implementación del Eje Este, los mismos son los siguientes:

Cuadro No 114 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Este

	RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO	MONTO ($us.)
1	TRABAJOS PREVIOS	124.598,43
2	EJE ESTE (SANTA CRUZ - COTOCA - PAILON)	180.600.000,00
3	ESTACIONES DOBLES	750.000,00
4	ESTACIONES SIMPLES	3.500.000,00
5	TALLERES, COCHERAS Y PUESTO CENTRAL DE CONTROL	27.979.267,24
6	SISTEMAS COMPLEMENTARIOS (ELECTRIF, RECAUDO, INFORMACIONES, SEÑALIZACIÓN, ETC)	46.200.000,00
7	MATERIAL RODANTE CARGA	12.000.000,00
8	MATERIAL RODANTE PASAJEROS	43.800.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN		**314.953.865,67**

Fuente: Elaboración propia

Los trabajos previos son los trabajos de prevención medioambiental y de socialización con los vecinos en áreas determinadas. Ello requiere de una inversión de USd 124.598,43. Por otra parte, la vía férrea tiene un presupuesto de USd 180,6 millones y las estaciones requieren de USd 5 millones 250mil. Se construirán talleres y cocheras y en centro de control por un valor de USd. 27.979.267,24.

Los sistemas complementarios (recaudo, información a usuario, señalizaciones ferroviarias) necesitan de una inversión de USd 46,2 millones. Por su parte, el material rodante (de carga y de pasajeros) requiere de un presupuesto conjunto de de USd 55,8 millones.

Considerando todos los componentes del proyecto, el presupuesto global para la implementación del Eje Este es USd. 314.953.866.

55. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN TODAS SUS FASES

Considerando los costos de implementación de todas las 3 fases del proyecto, se requiere la siguiente inversión.

Cuadro No 115 Costos (en dólares americanos) para la implementación del Eje Este

FASE	MONTO ($us.)
FASE 1 (Eje Norte)	444.998.312,36
FASE 2 (Eje Sur)	215.734.805,49
FASE 3 (Eje Este)	314.953.865,67
Total	**975.686.983,52**

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de implementar la fase 1 del proyecto, se debe invertir USd 444.998.312. Este monto ascenderá a USd 660.733.118 si sumamos la primera y segunda fases. Finalmente, el monto total una vez implementadas las tres fases del proyecto, ascenderá a USd 975.686.984.

En lo referido a la temporalidad de implementación de las 3 fases, considerando todos los componentes, etapas de financiamiento y tiempos de ejecución de obras, se recomienda que:

- La Fase 1 se implemente hasta el año 2029.
- La Fase 2 se implemente hasta el año 2033.
- La Fase 3 se implemente hasta el año 2038.

SECCIÓN 14 – ANÁLISIS DE INVERSIÓN, FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN POR FASES

56. REQUERIMIENTOS DE INVERSIÓN

En función a los costos de la inversión necesaria para implementar el proyecto en sus 3 fases, se tienen los siguientes requerimientos a financiar.

Cuadro No 116 Presupuesto referencial de todo el proyecto

Concepto	MONTO ($us.)
FASE 1 (Eje Norte)	444.998.312,36
FASE 2 (Eje Sur)	215.734.805,49
FASE 3 (Eje Este)	314.953.865,67
Vía Sur de la Terminal de Transferencia Norte	3.788.490,00
Vias de acceso a estaciones	7.000.000,00
Total	**986.475.473,52**

Fuente: Elaboración propia

Este análisis parte de la premisa que no existe un plan de maestro de desarrollo inmobiliario sin un plan de financiamiento y que no existe un plan de financiamiento sin la constitución de una estructura financiera que recoja los flujos y las garantías.

57. ANÁLISIS DE COSTOS OPERATIVOS Y PROYECCIÓN A 30 AÑOS

Las inversiones necesarias que fueron presentadas en el apartado anterior, se consideraron con su depreciación. Se tomaron en cuenta las depreciaciones de las obras civiles a 30 años, los materiales rodantes a 10 años, sistemas auxiliares a 4 años y la ingeniería y puesta en marcha a 5 años. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro No 117 Depreciaciones anuales (Año 1 al año 10)

DEPRECIACIONES ANUALES	*Año 1*	*Año 2*	*Año 3*	*Año 4*	*Año 5*	*Año 6*	*Año 7*	*Año 8*	*Año 9*	*Año 10*
Obras civiles (30 años)	22.688.936	22.688.936	22.688.936	22.688.936	22.688.936	22.688.936	22.688.936	22.688.936	22.688.936	22.688.936
Material rodante y electromecánico (10 años)	16.474.140	16.474.140	16.474.140	16.474.140	16.474.140	16.474.140	16.474.140	16.474.140	16.474.140	16.474.140
Sistemas auxiliares (4 años)	9.371.517	9.371.517	9.371.517	9.371.517						
Ingeniería y puesta en marcha (5 años)	7.891.804	7.891.804	7.891.804	7.891.804	7.891.804					
TOTAL depreciaciones	56.426.397	56.426.397	56.426.397	56.426.397	47.054.880	39.163.076	39.163.076	39.163.076	39.163.076	39.163.076

Fuente: Elaboración propia

Desde el año 11 al año 30 solo se consideraron los montos anuales de depreciación de las obras civiles.

57.1. Costos operativos

Tomando en cuenta la implementación de todo el proyecto en su conjunto (3 lineas) los costos operativos se calcularon en función a costos de personal, depreciaciones y otras consideraciones. Se hicieron los cálculos considerando la longitud del sistema, el numero de estaciones y el personal operativo y administrativo necesario.

Cuadro No 118 Consideraciones técnicas operativas en USd

Costos de operación en $us		
Estimados con base en experiencias similares		
ITEM	**VALOR**	**UNIDADES**
Personal operativo por estación	16	Personas
Salario mensual promedio por personal operativo	1.000	$us
Cantidad de estaciones	27	Estaciones
Costo de personal operativo total por mes	432.000	$us
Personal administrativo (2 por estación) y comercial (1 por estación	81	Personas
Salario mensual promedio por personal administrativo	1.500	$us
Costo de personal administrativo total por mes	121.500	$us
Longitud en Km de las 3 líneas	144,8	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 119 Costos operativos anuales en USd por estación por año y por km/año

Detalle	Por estación/año	Por Km/año
Reposición y mantenimiento mayor de activos electromecánicos		297.500
Energía eléctrica	157.109	
Otros Impuestos (inmuebles)	0	
Reposición y mantenimiento mayor de activos complementarios	63.000	
Seguridad	46.000	
Limpieza	25.000	
Mantenimiento menor de equipo electromecánico y auxiliar (0,25% por año de la inversión en E+M)		2.844
Imprenta (Boletaje y traslado de valores)	11.500	
Mantenimiento de edificios, sus instalaciones básica y complementarias	15.400	
Otros costos	56.560	
TOTAL ANUAL real	**374.569**	**300.344**

Fuente: Elaboración propia

El resultado del costo operativo anual es el siguiente.

Cuadro No 120 Costos operativos anuales en USd

CUADRO DE COSTOS OPERATIVOS en $us reales		***Anual***
Personal operativo		5.184.000
Persona administrativo		1.458.000
Reposición y mantenimiento mayor de activos electromecánicos		43.078.000
Consumo de Energía eléctrica		4.241.930
Reposición y mantenimiento mayor de activos complementarios		1.701.000
Seguridad		1.242.000
Limpieza		675.000
Mantenimiento menor de equipo electromecánico y auxiliar (0,25% por año de la inversión en E+M)		411.854
Imprenta (Boletaje y traslado de valores)		310.500
Mantenimiento de edificios, sus instalaciones básica y complementarias		415.800
Otros costos		1.527.120
TOTAL COSTOS OPERATIVOS SIN IMPUESTOS		**60.245.203**

Fuente: Elaboración propia

Considerando la demanda anual de pasajeros de los 3 ejes que llegaría a 108 millones al año, tomando en cuenta una tarifa de Bs. 5 los ingresos ascenderían a Bs. 540 millones, que en dólares americanos serían 77,5 millones, superiores a los 60,25 millones que se requieren para cubrir los gastos operativos.

58. ESTIMACIÓN DE INGRESOS

58.1. Ingresos Tarifarios

Para realizar el cálculo estimado de los ingresos que se generen con el proyecto en sus 3 ejes, se consideró 3 escenarios, todos ellos utilizando como variable la "tasa de crecimiento anual de los usuarios". Entendiendo que según las proyecciones del JICA la demanda de usuarios del transporte público intermunicipal crece al 7,68%/año:

- *Escenario 1: Tasa al 1,89%*
- *Escenario 2: Tasa al 3,5%*
- *Escenario 3: Tasa al 5%*

A continuación, se muestran los ingresos anuales (del año 1 al año 30) considerando un incremento anual de demanda del 1,89 % cada año y una tarifa plana estable de 1 USD (tipo de cambio 6,96 Bs).

Cuadro No 121 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 1 al Año 10) – Escenario 1

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cantidad de pasajeros	108.000.000	110.041.200	112.120.979	114.240.065	116.399.202	118.599.147	120.840.671	123.124.560	125.451.614	127.822.650
Ingresos por pasajeros (Bs.)	751.680.000	765.886.752	780.362.012	795.110.854	810.138.449	825.450.065	841.051.072	856.946.937	873.143.234	889.645.641
Ingresos en $us	108.000.000	110.041.200	112.120.979	114.240.065	116.399.202	118.599.147	120.840.671	123.124.560	125.451.614	127.822.650

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 122 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 11 al año 20) – Escenario 1

Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
130.238.498	132.700.005	135.208.035	137.763.467	140.367.197	143.020.137	145.723.217	148.477.386	151.283.609	154.142.869
906.459.944	923.592.037	941.047.926	958.833.732	976.955.690	995.420.152	1.014.233.593	1.033.402.608	1.052.933.917	1.072.834.368
130.238.498	132.700.005	135.208.035	137.763.467	140.367.197	143.020.137	145.723.217	148.477.386	151.283.609	154.142.869

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 123 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 21 al año 30) – Escenario 1

Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
157.056.169	160.024.531	163.048.994	166.130.620	169.270.489	172.469.701	175.729.379	179.050.664	182.434.722	185.882.738
1.093.110.938	1.113.770.734	1.134.821.001	1.156.269.118	1.178.122.605	1.200.389.122	1.223.076.476	1.246.192.622	1.269.745.662	1.293.743.855
157.056.169	160.024.531	163.048.994	166.130.620	169.270.489	172.469.701	175.729.379	179.050.664	182.434.722	185.882.738

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los ingresos anuales (del año 1 al año 30) considerando un incremento anual de demanda del 3,50 % cada año y una tarifa plana estable de 1 USD (tipo de cambio 6,96 Bs).

Cuadro No 124 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 1 al año 10) – Escenario 2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cantidad de pasajeros	108.000.000	111.780.000	115.692.300	119.741.531	123.932.484	128.270.121	132.759.575	137.406.160	142.215.376	147.192.914
Ingresos por pasajeros (Bs.)	751.680.000	777.988.800	805.218.408	833.401.052	862.570.089	892.760.042	924.006.644	956.346.876	989.819.017	1.024.462.682
Ingresos en $us	108.000.000	111.780.000	115.692.300	119.741.531	123.932.484	128.270.121	132.759.575	137.406.160	142.215.376	147.192.914

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 125 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 11 al año 20) – Escenario 2

Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
152.344.666	157.676.729	163.195.415	168.907.255	174.819.008	180.937.674	187.270.492	193.824.960	200.608.833	207.630.142
1.060.318.876	1.097.430.037	1.135.840.088	1.175.594.491	1.216.740.299	1.259.326.209	1.303.402.626	1.349.021.718	1.396.237.478	1.445.105.790
152.344.666	157.676.729	163.195.415	168.907.255	174.819.008	180.937.674	187.270.492	193.824.960	200.608.833	207.630.142

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 126 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 21 al año 30) – Escenario 2

Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
214.897.197	222.418.599	230.203.250	238.260.364	246.599.477	255.230.458	264.163.524	273.409.248	282.978.571	292.882.821
1.495.684.493	1.548.033.450	1.602.214.621	1.658.292.133	1.716.332.357	1.776.403.990	1.838.578.129	1.902.928.364	1.969.530.857	2.038.464.437
214.897.197	222.418.599	230.203.250	238.260.364	246.599.477	255.230.458	264.163.524	273.409.248	282.978.571	292.882.821

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los ingresos anuales (del año 1 al año 30) considerando un incremento anual de demanda del 5% cada año y una tarifa plana estable de 1 USD (tipo de cambio 6,96 Bs).

Cuadro No 127 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 1 al año 10) – Escenario 3

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cantidad de pasajeros	108.000.000	113.400.000	119.070.000	125.023.500	131.274.675	137.838.409	144.730.329	151.966.846	159.565.188	167.543.447
Ingresos por pasajeros (Bs.)	751.680.000	789.264.000	828.727.200	870.163.560	913.671.738	959.355.325	1.007.323.091	1.057.689.246	1.110.573.708	1.166.102.393
Ingresos en $us	108.000.000	113.400.000	119.070.000	125.023.500	131.274.675	137.838.409	144.730.329	151.966.846	159.565.188	167.543.447

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 128 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 11 al año 20) – Escenario 3

Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
175.920.620	184.716.651	193.952.483	203.650.107	213.832.613	224.524.243	235.750.456	247.537.978	259.914.877	272.910.621
1.224.407.513	1.285.627.889	1.349.909.283	1.417.404.747	1.488.274.985	1.562.688.734	1.640.823.171	1.722.864.329	1.809.007.546	1.899.457.923
175.920.620	184.716.651	193.952.483	203.650.107	213.832.613	224.524.243	235.750.456	247.537.978	259.914.877	272.910.621

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 129 Ingresos tarifarios anuales en USd (Año 21 al año 30) – Escenario 3

Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
286.556.152	300.883.960	315.928.158	331.724.566	348.310.794	365.726.334	384.012.650	403.213.283	423.373.947	444.542.644
1.994.430.819	2.094.152.360	2.198.859.978	2.308.802.977	2.424.243.126	2.545.455.282	2.672.728.046	2.806.364.448	2.946.682.671	3.094.016.804
286.556.152	300.883.960	315.928.158	331.724.566	348.310.794	365.726.334	384.012.650	403.213.283	423.373.947	444.542.644

Fuente: Elaboración propia

Los ingresos estimados totales en 30 de operación, serían los siguientes:

- Al 1,89%: 4.306.662.517 USD
- Al 3,5%: 5.575.249.146 USD
- Al 5%: 7.175.395.530 USD

58.2. Ingresos No Tarifarios

Los ingresos no tarifarios corresponden a todos aquellos que se generen fuera del cobro directo de los pasajes, para este tipo de ingresos se consideran dos opciones altamente potenciales de ser implementados:

58.2.1. Prestación de servicios y comercio de productos

Este tipo de negocio permitirá establecer en las estaciones principales y de mayor flujo de pasajeros, espacios para la venta de productos, alimentos, servicios (bancarios, farmacias, trámites, entre otros).

Figura No 281 Estación central de Sao Paulo

Fuente: Shutterstock

58.2.2. Impuesto inmobiliario diferenciado (plusvalía)

Este tipo de ingresos sugiere establecer un tipo de impuesto diferenciado a todas las parcelas (previo estudio especifico) que se vean beneficiados de manera directa con el proyecto del tren. Tales como terrenos en áreas rurales, en áreas urbanas, entre otros. Se promoverá e desarrollo inmobiliario como la venta de departamentos en alrededores de las estaciones. Los mejores ejemplos de estas estrategias no tarifarias son las ciudades de Hong Kong y Singapur, sin embargo; en nuestra región, la ciudad colombiana de Medellín viene explorando los ingresos no tarifarios con resultados más que interesantes, generando hasta el 10% del total de sus ingresos, desde fuentes diferentes al simple cobro de la tarifa de transporte.

Figura No 282 Desarrollo Inmobiliario en alrededor del Tren (Proyecto de Medellín)

Fuente: Los Tiempos

59. DISEÑO DEL PLAN DE FINANCIAMIENTO

El plan maestro de desarrollo inmobiliario además de indicar que elementos arquitectónicos y estructurales debe orientarse a facilitar los esquemas de financiamiento por tanto debe contemplarse los siguientes elementos:

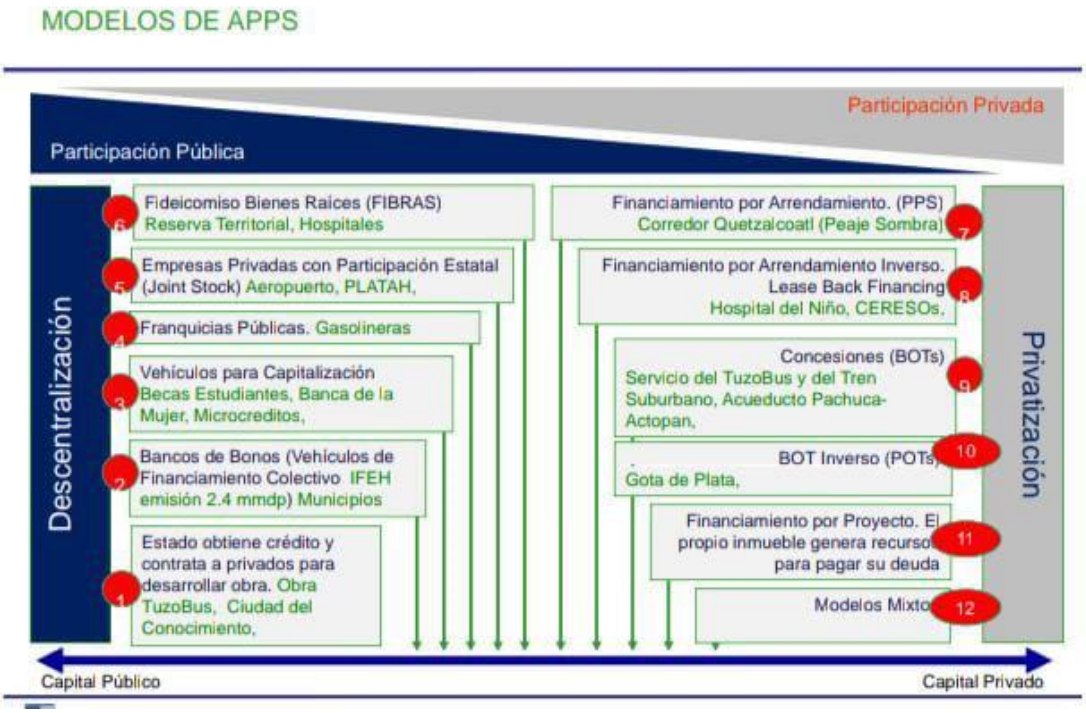
- Constituir una empresa de propósito especifico con las atribuciones necesarias para incorporar, desincorporar, arrendar, hipotecar otorgar usufructos y de ser posible enajenar los polígonos inmobiliarios requeridos para el proyecto. Considerando futuros crecimientos o incorporación de plusvalías.
- Tenencia de la tierra y su vocación definida con el debido sustento jurídico y la cronología de desincorporación de cada Predio.
- Tenencia de la tierra con autorizaciones ambientales.

- Cada proyecto con pre autorizaciones de licencias de funcionamiento o un régimen de distrito urbano o FTZ (Free trade Zone) en el cual se establecen los usos de suelo autorizados y futuras licencias de funcionamiento.

El Plan de financiamiento se contempla en tres escenarios. Plan A de capital Público o de gobierno. Plan B hibrido y plan C netamente privado.

Por otra parte, considerando las experiencias internacionales, se ha explorado la posibilidad de evaluar el establecimiento de las Alianzas Público Privadas, para lo cual se muestra el esquema siguiente que muestra ejemplos de los distintos modelos de APP.

Figura No 283 Modelos de Apps



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la CEPAL

59.1. Definición de tres planes de financiamiento

En el presente apartado se describen los tres planes de financiamiento.

59.1.1. Plan A. (PROYECTO DE GOBIERNO)

Este plan se basa en lograr la combinación del Aporte del Gobierno + Banca multilateral + Emisión Bonos verdes.

Este escenario contempla un protagonismo directo y frontal de la Gobernación
Y la suma de voluntades de la Banca multilateral para el desarrollo del proyecto. Tiene como eje la incorporación del fondeo a través de bonos verdes para los cuales hay liquidez en el mercado internacional y más aun con las recientes resoluciones de la Cumbre de medio ambiente de la COP28.

59.1.2. Plan B (PROYECTO APP)

Este plan se basa en lograr la combinación del Aporte del gobierno + Equity privado + Financiamiento banca Privada.

Este escenario contempla una mayor participación del sector privado que apalanca su financiamiento con sus garantías propias, a las que se añade las que el gobierno aporta en usufructo o en traslado de dominio si es factible.

59.1.3. Plan C (PROYECTO APP/CONCESION)

Este plan se basa en el establecimiento del régimen de concesiones y el régimen de Plusvalías.

Este escenario que es una versión privada en su totalidad contempla un régimen de concesiones que en la suma permiten la articulación del todo el proyecto inmobiliario

59.1.4. Estructura financiera

La estructura Financiera es un requisito sinecuanon para el tránsito de un proyecto a un desarrollo inmobiliario.

Como cualquier estructura financiera esta debe construirse de manera solida de tal manera que pueda soportar y apuntalar el proyecto.
Se recomienda incorporar a esta etapa a las calificadoras de riesgo y hacer varios escenarios con distintos mecanismos de garantía y cobertura cambiaria debido a la reciente rebaja en la calificación crediticio de Bolivia que aumenta el riesgo país que por obvias razones se traslada hacia los gobiernos subnacionales como es le caso de la gobernación de Santa Cruz.

En Bolivia la filial de Fitch Ratings es Aesa Ratings quienes llevan a cabo bajo rigor metodológico los procesos de calificación tanto del emisor como de la emisión (estructura financiera).

60. CONSTITUCIÓN DE ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO GARANTÍA Y FUENTE DE PAGO

Este apartado es vinculante a cualquier proceso de financiamiento en cualquier modalidad es requerido y debe llevarse a cabo. Por tal razón se describe cada proceso y los costos y tiempos requeridos.

El análisis de la situación financiera por la que atraviesa Bolivia ante la reciente degradación de la calificación crediticia a prácticamente grado especulativo o junk bond perfila que cualquier esquema de financiamiento hacia las entidades subnacionales como el caso será necesario y condición imprescindible el aislamiento de una estructura financiera, si bien vinculada a los flujos nacionales, (ya que la gobernación recibe Regalías del IDH) cuya reducción ya fue anunciada para el presupuesto próximo de 2024 del orden del 10%.

La estructura Financiera es un requisito crítico para poder financiar los proyectos y generar los beneficios o plusvalías inmobiliarias que a su vez también permita sufragar parte de las inversiones realizadas. Como cualquier estructura financiera esta debe construirse de manera solida de tal manera que pueda soportar y apuntalar los proyectos.

La participación de calificadoras de riesgo es la evaluación necesaria de la estructura financiera y que se vera reflejada en la capacidad de poder obtener el financiamiento para los proyectos.
Ante la reciente rebaja (downgrade) de la calificación de la entidad Nacional (Bolivia) será necesario hacer varios escenarios con distintos mecanismos de garantía y cobertura cambiaria de manera de aislar el riesgo nacional.

Establecer una estructura financiera que funciones como fuente de pago para el desarrollo de los proyectos de ASOCIACIONES PUBLICAS PRODUCTIVAS. Entendiendo como fuente pago que se aporten bienes inmobiliarios con Certeza jurídica, Certidumbre económica y nivel de Confianza (calificación de riesgo) suficiente.

En este caso ante la realidad financiera nacional se propone crear una estructura financiera del tipo 4i (cuatro i), a través de un fideicomiso maestro de garantía y fuente de pago.
Las partes que intervienen en un fideicomiso son: fideicomitente, fiduciario y fideicomisario. Fideicomitente: Es quien constituye el fideicomiso y a su vez transmite la propiedad del bien o de los bienes al fiduciario para que cumpla la finalidad específica del fideicomiso. El fideicomisario es el que recibirá en prelación los flujos y bienes del fideicomiso pudiendo ser fideicomisario en primer lugar, fideicomisario en segundo lugar y así sucesivamente.

El fideicomiso 4i (cuatro i) tiene las siguientes características:

1. **Ineludible**
   Se refiere a los flujos financieros y las obligaciones que derivan hacia los flujos financieros no se pueden eludir ya que están estructuradas a través de 'Smart contracts' o contratos inteligentes para formalizar acuerdos en la era digital. El smart contract, o contrato inteligente, está escrito en lenguaje virtual y tiene la facultad de ejecutarse y hacerse cumplir por sí mismo, de forma autónoma y automática, a partir de una serie de parámetros programados de cadena blockchain y cuentas scrow.

2. **Inalienable**
   Se refiere a la prelación que tendrán los flujos financieros que llegan al fideicomiso de tal forma que son inembargables y que no puede ser interceptados previamente por y para ningún otro fin que servir de fuente de pago del fideicomiso.

3. **Irreductible**
   Se refiere a que, una vez establecido el monto en el contrato de fideicomiso, este se debita en su totalidad sin mediar deducción alguna.

4. **Irrevocable**
   Se refiere a la categoría que tienen las cláusulas (instrucciones) que conforman el fideicomiso y que son Mandatos irrevocables. Es decir que no se pueden modificar o cambiar, aunque se decrete la extinción del fideicomiso habrán cláusulas que se refieran a esa situación

60.1. Calificación de la entidad

Las calificaciones de calidad crediticia y/o riesgo emisor asignadas evalúan la voluntad y capacidad de pago de una entidad para cumplir en forma oportuna y total con sus obligaciones financieras, sin considerar garantía específica o subordinación alguna; evaluando por tanto el riesgo quirografario de dicha entidad. A partir de la calificación quirografaria, la calificadora de riesgo califica en forma específica los financiamientos bursátiles y/o bancarios de las entidades subnacionales (Gobernaciones, municipios y organismos descentralizados) los cuales pueden obtener una calificación superior a la quirografaria.

Para determinar la calificación de un financiamiento específico de entidades subnacionales, se considera principalmente el análisis de los siguientes factores:

•Calidad crediticia y/o riesgo emisor
•Análisis del activo fuente de pago
•Estructura del financiamiento

•Coberturas del servicio de la deuda y mejoras crediticias
•Protecciones legales para los acreedores

En el proceso de calificación se analizan las características, fortalezas y debilidades de cada factor, y no se asigna un peso específico o ponderan dichos factores para llegar a una determinada calificación o mejora respecto a la calidad crediticia de la entidad subnacional. Cabe destacar que si bien algunos de estos factores son interactivos, el hecho de que en alguno de ellos exista una fuerte debilidad, puede implicar que la calificación del financiamiento sea la misma que la calificación quirografaria de la entidad, a pesar de presentar fortalezas en otros aspectos.

60.2. Calificación de la estructura financiera

Cuando un financiamiento es calificado en forma específica, su calificación refleja la naturaleza propia de dicho instrumento considerando sus fortalezas jurídico-financieras, así como la relación con la calidad crediticia del emisor o acreditado.

Como se mencionó una estructura financiera tiene como fuente de pago un fideicomiso con instrucciones irrevocables; instrumento a través del cual fluye una determinada proporción de recursos afectados por el deudor, constituyéndose en un mecanismo jurídico por medio del cual un tercero (el fiduciario) tiene entre sus funciones administrar los recursos, realizar los pagos del servicio de la deuda, establecer fondos de reserva, y en caso de existir remanentes, entregarlos a la entidad.

La determinación de la calificación de un financiamiento específico bajo una estructura de fideicomiso fuente de pago, no sólo depende del análisis financiero del mismo y su comportamiento ante entornos adversos, sino asimismo, de otros factores tales como: a) la calidad crediticia de la entidad antes y después de dicho financiamiento; b) la fortaleza de la estructura jurídica del fideicomiso y su congruencia con el marco legal prevaleciente en la entidad; c) el flujo de recursos afectados al fideicomiso y su plan de utilización en el tiempo; entre otros factores.

El enfoque general utilizado por una calificadora tiene como base la calificación riesgo emisor; posteriormente, la calificación del financiamiento se evalúa con un enfoque de abajo hacia arriba (“bottom-up approach”); es decir, que dependiendo de las fortalezas jurídico-financieras de la estructura del financiamiento, será la cantidad de subniveles1(“notches”) que la calificación del financiamiento podrá separarse o ser superior a la calificación quirografaria del emisor.

Aquellos financiamientos en los que es altamente probable o inminente, que el emisor aporte recursos adicionales en las estructuras para cubrir puntualmente el servicio de la deuda, generalmente tienen la misma calificación que el emisor o la mejora es de solamente 1 “notch”. Por el contrario, aquellos financiamientos con estructuras más protegidas que usualmente registran altas

coberturas del servicio de la deuda, patrones de estabilidad o crecimiento en el comportamiento de las mismas, así como niveles de reserva de liquidez favorables entre otras consideraciones, alcanzan calificaciones de entre 3 y 4 “notches” sobre la calificación quirografaria del emisor.

61. ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO

61.1. PLAN A (Proyecto de Gobierno)

En primer plano esta alternativa carece de viabilidad financiera debido el aporte del gobierno es insuficiente para cubrir el 33% requerido como contraparte. Sin embargo, en el hipotético evento que el Gobierno pudiera aportar ese recurso, La Corporación Andina de Fomento (CAF) pudiera aportar el 33% de financiamiento a una tasa entre 3-5% a un plazo de 10 años con 1-3 de gracia, Lo anterior nos lleva a la necesidad de fondear vía estructuración financiera el remanente del 34%. Para este evento se sugiere evaluar la factibilidad de emitir un bono verde a través de un intermediario financiero que pudiera ser el BID Invest contratando para esta emisión a un estructurador financiero independiente ya sea nacional como Panamerican Securities o internacional como Evensen & Dodge si la colocación es en NY o Europa.

En los próximos años las decisiones tomadas por los inversionistas y las instituciones financieras tendrán gran influencia en como la sociedad responda al cambio climático.

Cualquier tipo de instrumento financiero donde el “uso de los recursos” se aplica exclusivamente para financiar o refinanciar, parcial o totalmente proyectos nuevos y/o existentes que sean elegibles como “verdes”.

Un proyecto verde es que genera beneficios ambientales claros y específicos, los cuales deben ser descritos y estimados en forma detallada y deben cumplir con objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático (reducción de emisiones).

Los bonos verdes son un tipo de deuda emitida por instituciones públicas o privadas para financiarse y, a diferencia de otros instrumentos de crédito, comprometen el uso de los fondos obtenidos con un proyecto medioambiental o relacionado con el cambio climático.

Su principal peculiaridad reside en su objetivo: deben destinarse a la financiamiento de proyectos que contribuyan a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible —el número 7 (energía asequible y no contaminante) y el número 13 (acción por el clima)—. En el caso del Tren de cercanías, su planificación y concepción están alienadas con el ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles).

El uso de los fondos será para proyectos verdes con un impacto beneficioso para el medio ambiente El emisor de un bono verde debe comunicar a los inversores los objetivos de sostenibilidad ambiental de forma transparente y permitir la evaluación y revisión externa. La gestión de los

fondos estará controlada por el emisor de manera apropiada y transparente, y este permitirá la revisión complementaria por parte de un auditor. El emisor de ese tipo de bono actualizará periódicamente la información sobre el uso de los fondos y los beneficios medioambientales obtenidos.

Cualquier entidad con calificación crediticia puede emitir un bono verde. En el caso de la Gobernación se recomienda primero calificar la entidad y después establecer un vehículo de propósito especifico y calificarlo.

61.1.1. Principales usos de los bonos verdes

Los bonos verdes se usan íntegramente en proyectos verdes que impactan de manera positiva en el medio ambiente. A manera de resumen son:

- Instalaciones renovables
- Eficiencia energética
- Transporte limpio
- Gestión de residuos

El listado de proyectos a financiar con los bonos verdes (pueden estar relacionados con más de una categoría) es el siguiente:

- Energía renovable (incluida la producción, transmisión, electrodomésticos y productos);
- Eficiencia energética (como en edificios nuevos y renovados, almacenamiento de energía, calefacción urbana, redes inteligentes, electrodomésticos y productos);
- Prevención y control de la contaminación (incluidas las aguas residuales, tratamiento, reducción de emisiones atmosféricas, efecto invernadero, control de gases, remediación de suelos, prevención de residuos, residuos, reducción, reciclaje de residuos y eficiencia energética/emisiones, residuos en energía, productos con valor añadido a partir de residuos y remanufactura y monitoreo ambiental asociado);
- Gestión ambientalmente sostenible de los espacios naturales vivos.
- Recursos y uso de la tierra (incluidos los ambientalmente sostenibles)
- Agricultura; cría de animales ambientalmente sostenible;
- Insumos agrícolas climáticamente inteligentes, como la protección biológica de cultivos o riego por goteo; pesca ambientalmente sustentable y acuicultura; silvicultura ambientalmente sostenible, incluyendo forestación o reforestación, y preservación o restauración de paisajes naturales);

- Conservación de la biodiversidad terrestre y acuática (incluido la protección de los ambientes costeros, marinos y de cuencas);
- Transporte limpio (como transporte eléctrico, híbrido, público, ferroviario, no motorizado, multimodal, infraestructura para vehículos energéticos y reducción de emisiones nocivas);
- Gestión sostenible del agua y las aguas residuales (incluyendo infraestructura sostenible para agua limpia y/o potable, tratamiento de aguas residuales, sistemas de drenaje urbano sostenible y formación de ríos y otras formas de mitigación de inundaciones);
- Adaptación al cambio climático (incluido el apoyo informativo sistemas, como la observación del clima y sistemas de alerta temprana);
- Productos ecoeficientes y/o adaptados a la economía circular, tecnologías y procesos de producción (como Desarrollo e introducción de productos más respetuosos con el medio ambiente, productos, con etiqueta ecológica o certificación medioambiental, embalaje y distribución eficientes en el uso de recursos);
- Edificios ecológicos que cumplan con los requisitos regionales, nacionales o estándares o certificaciones reconocidas internacionalmente.

Además de la calificación crediticia del emisor y de la estructura financiera se requiere y es mandatorio la opinión de un calificador especializado que acredite el destino de los fondos verdes permitirá cumplir los criterios de sustentabilidad. Esta opinión se incorpora dentro del prospecto de colocación de los bonos dentro de la documentación legal de la emisión al momento de su inscripción.

Los reportes anuales también deberán contar con una opinión emitida por un tercero independiente sobre la validez de los datos y estimaciones reveladas.

Existen ya empresas de consultoría reconocida con áreas especializadas sobre Bonos verdes, algunas de ellas son:

- Ernest & Young - Deloitte
- KPMG-PWC
- VIGEO- Cicero
- TrueCost-Bureau Veritas
- Carbon Trust – HR Ratings

61.1.2. Pasos a seguir para financiamiento vía bonos verdes

Los pasos a seguir para lograr un financiamiento utilizando bonos verdes, son los siguientes:

1. Integración del proyecto ejecutivo (con información relevante sobre su componente ambiental o verde)

2. Calificación crediticia de la entidad
3. Establecimiento de Vehículo de propósito específico (fideicomiso)
4. Calificación del Vehículo
5. Integración del prospecto de colocación (uso de recursos)
6. Registro del emisor
7. Oficio registro ASFI
8. Opinión Favorable ASFI
9. Certificación y/o segunda opinión que de certeza de la naturaleza de bono verde
10. Road show con posibles inversionistas
11. Cierre Financiero
12. Reportes anuales

61.1.3. Los pasos más importantes de la COP 28

Además de la hoja de ruta que marca la transición hacia el abandono de los combustibles fósiles, la ONU resalta que la COP28 tuvo los siguientes avances:

- El Fondo para Pérdidas y Daños destinado a ayudar a los países en desarrollo vulnerables al cambio climático cobró vida el primer día de la COP. Los países han prometido hasta ahora cientos de millones de dólares en aportaciones
- Compromisos por valor de 3500 millones de dólares para reponer los recursos del Fondo Verde para el Clima.
- Nuevos anuncios por un total de más de 150 millones de dólares para el Fondo para los Países Menos Adelantados y el Fondo Especial para el Cambio Climático.
- Un aumento de 9 mil millones de dólares anuales por parte del Banco Mundial para financiar proyectos relacionados con el clima (2024 y 2025).

61.1.4. Riesgo país y la manera de mitigarlo

Para mitigar el riesgo país se sugiere incorporar un credit enhancement o enaltecedor de crédito o seguro de pago oportuno ya sea a través de la OPIC o de la Agencia Multilateral de Garantías de Inversiones del Banco Mundial.

61.2. Plan B (Proyecto APP)

En este escenario el gobierno aporta a uno o más fideicomisos de garantía y fuente de pago lo siguiente:

- Bienes inmuebles (Terrenos del proyecto) con los usos de suelo y densidades autorizadas
- Concesión de construcción, uso y aprovechamiento de la infraestructura ferroviaria
- Concesión de Transporte Intermunicipal ferroviario

Esta es una estructura típica de financiamiento del proyecto en la que el gobierno aporta garantías que se completan con garantías privadas (equity) y se financia a través de Banca privada.

Se recomienda llevar a cabo una licitación pública internacional en la que ya se otorga al licitante ganador la cesión de derechos del fideicomiso en cuanto este complete su aportación (equity) y de preferencia ya tener opciones de financiamiento (financiamiento engrapado) calificadas previamente.

El perfil del licitante debe ser una empresa ferroviaria especialista en operación de servicios urbanos e interubanos. Este último ya debe tener un portafolio de marcas asociadas a sus desarrollos de tal manera que la curva de apertura y operación tenga la ocupación necesaria para garantizar los flujos financieros al proyecto. En este sentido operadores internacionales con amplia experiencia ferroviaria y que han estado operando sistemas en la región, como son el Metro de Madrid[32] y TMB[33] de Barcelona, podrían ser ejemplos interesantes de perfiles a considerar.

Una transacción de esta naturaleza conlleva a que los financiadores serán instituciones con las que las empresas que participan del consorcio ya tienen líneas de financiamiento. Es recomendable que se exploren los grandes consorcios de la región en países como Brasil, Colombia y México en las que incluso tienen el apoyo de los bancos de comercio exterior de cada país. Incluso se pueden solicitar fondos para los estudios necesarios.

61.3. Plan C (Proyecto APP / Concesión)

Este esquema requiere del concurso del capital privado en conjunto con las aportaciones que el GADSC pueda realizar a efecto de generar el mismo modelo de APP que genere la inversión necesaria y con ello se procure el desarrollo de la obra de infraestructura antes mencionada.

Para ello habrá que salirse de la frontera de posibilidades y explorar todo el espectro que tiene por ejemplo el GADSC respecto a otras carreteras y ejes alimentadores de toda la red vial departamental y evaluar por ejemplo establecer un vehículo de propósito especifico vía la transformación del ente operador de carreteras en una agencia departamental autónoma con capacidades de emisión de deuda en los mercados.

[32] El Metro de Madrid opera la Línea 1 del Metro de Lima.
[33] Transports Metropolitans de Barcelona (TMB) están operando el recientemente inaugurado Metro de Quito.

En este escenario se identifican las siguientes concesiones:

- Concesión para proveer el financiamiento del proyecto.
- Concesión para el diseño, construcción, uso y aprovechamiento del servicio ferroviario
- Concesión de Transporte intermunicipal ferroviario
- Concesión de recaudo de transporte y acceso a las estaciones
- Concesión de Usufructo para financiamiento y construcción de vivienda
- Concesión de usufructo para producción y suministro de energía eléctrica (parque solar)

En este escenario se debe tener claro que se deben combinar concesiones y armar paquetes de licitación de forma tal que en la suma se logre la rentabilidad esperada. Por ejemplo, Concesiones 2 y 3. Concesiones 5 y 6, etc.

El régimen de plusvalías se reserva sobre las zonas que tendrán valor una vez desarrollas las concesiones Como un segundo tramo de concesiones.

En el acuerdo marco metropolitano se recomienda se establezca el régimen de plusvalías en las que cada municipio es el que recauda y entera un porcentaje al fondo metropolitano de la RMSC.

Se establece concesión para proveer el financiamiento con una estructura financiera con las siguientes garantías y fuentes de pago:

- Patrimonio inmobiliario del proyecto
- Usufructo inmobiliario
- Contrato PPA de suministro de energía hacia la Gobernación
- Flujo de pago ineludible de la concesionaria de recaudo

61.3.1. Perfil del concesionario

Respecto al perfil de los concesionarios se recomienda los siguientes perfiles:

- Financiamiento:
  Fondos de inversión inmobiliaria, Gestoras de AFP, Bancos de Fomento y Multilaterales
- Diseño, Construcción, uso y aprovechamiento de terminales:
  Constructoras Bolivianas de infraestructura de transporte
- Concesión de Transporte intermunicipal:
  Empresas operadoras ferroviarias (España, Colombia)
- Usufructo para financiamiento y construcción de vivienda:
  Empresas Nacionales desarrolladores de vivienda

- Usufructo para producción y suministro de energía eléctrica (parque solar): Empresas nacionales de producción de energía (Chaco energía)

61.4. Comparación de escenarios de financiamiento

Cuadro No 130 Comparación de los escenarios de financiamiento

	PLAN A (Aporte Gobierno + Banca multilateral + Emis. Bonos verdes)	PLAN B (PROYECTO APP) (Aporte gobierno + Equity priv. + Fin. Banca Priv)	PLAN C (Régimen de concesiones y régimen de Plusvalías)
Equity	NO	30%	30-40%
Aporte delgobierno	Flujos y garantías	0-10%	0
Fin privado	NO	60-80%	70
Tasa ponderada	5 - 6 % anual	6 - 7 %	8 - 9%
Cobertura cambiaria	OPIC o BM		
Tiempo implementación	24 -36 meses	18-24 meses	18-24 meses
Calificación crediticia	Grado de inversión	no	no
Probabilidad de éxito	50%	60-80%	80-90%

Fuente: Elaboración propia

Cualquier esquema de financiamiento tiene una relación inversa al nivel de calificación de riesgo que se obtenga de la estructura financiera o si esta no se calificara estará en función de las garantías y fondos de reserva que se constituyan para garantizar el desarrollo de los proyectos.

A mayor número de fuentes de aforo o flujo financiero mejor capacidad de obtener financiamiento por ello el régimen de concesiones es importante.

Certeza Jurídica, Certidumbre y Confianza se deben construir paso a paso desde la incorporación del patrimonio del fideicomiso como garantía y fuente de pago hasta la obtención de las autorizaciones ambientales.

62. RECUPERACIÓN DE PLUSVALÍAS

En la actualidad muchos gobiernos locales de América Latina y el Caribe se encuentran utilizando mecanismos para capturar este plusvalor e incluso, en algunos países, su aplicación está reglamentada por leyes nacionales. Sin embargo, su uso aún no corresponde a todo su potencial, bien sea porque los marcos jurídicos todavía no existen o porque aun cuando están presentes no se han reglamentado o no se aplican consistentemente.

Dentro de las principales razones que motivan la falta de aprovechamiento de este tipo de mecanismos se destacan las dificultades técnicas para evaluar la magnitud de la valorización causada por acciones públicas y el definir la manera en la cual debe ser distribuida, la probabilidad de incurrir en altos costos iniciales y riesgos de implementación, y, en algunos casos, la resistencia del público en general.

Desde la perspectiva del financiamiento, existen cuatro herramientas comúnmente utilizadas para financiar proyectos urbanos: a) La contribución por mejoras; b) Las exacciones y cargos por derechos de construcción; c) El financiamiento por Incremento de Impuestos (TIF, por sus siglas en inglés); y d) Los esquemas de reajuste de terrenos. Cada una de ellas tiene ventajas y desventajas, y su eficiencia y factibilidad puede depender de múltiples variables internas y externas al proyecto mismo.

Son varias las consideraciones a tener en cuenta al momento de decidir cuál es la herramienta de captura más adecuada para el financiamiento de un proyecto específico. Aspectos tales como el tipo de proyecto (rehabilitación de áreas degradadas o desarrollo de nuevo suelo) y el origen del mismo (interés del sector público o el sector privado), alcance del mecanismo (recuperación de costos o captura de la valorización adicional), momento del recaudo (ex-ante o ex-post), y el grado de sofisticación que requiere la herramienta, son determinantes en el diseño de estrategias de financiamiento de este tipo.

La infraestructura de largo plazo requiere de mecanismos de financiamiento que contemplen los impactos económicos o externalidades positivas de las obras bajo la premisa que no existe modelo de financiamiento de infraestructura sin modelo de financiamiento y no existe modelo de financiamiento sin una estructura financiera ya sea bajo la figura de fideicomiso o patrimonio autónomo en la que confluyan flujos financieros como los que se originan con la recuperación de plusvalías.

Una vez configurado y con los flujos financieros encaminados por uno a dos años la figura de patrimonio autónomo / fideicomiso permite titularizar los flujos futuros y generar el repago anticipado de los financiamientos que originaron las obras de infraestructura. Pudiendo también ofrecerse como dación de pago a las empresas contratistas o financiadoras, es decir que fueran fideicomisarios en primer lugar a efecto de garantizar sus contratos de obra o de financiamiento.

La estrategia que se recomienda es establecer dentro del convenio del fondo metropolitano de la RMSC, la incorporación del derecho de recuperación de plusvalías a través de las entidades municipales ya que detentan el catastro urbano y convenir que un porcentaje del mismo se entere al fondo metropolitano.

Se sugiere llevar a cabo las siguientes líneas estratégicas:

Cuadro No 131 Líneas estratégicas (Parte 1)

I. Polígono municipales sujetos al tributo	Análisis jurídico de leyes y decretos (marco jurídico) que proporciona la certeza y legalidad de la potestad tributaria de la municipalidad para emprender estos cobros. Lo anterior incluye la determinación de la circunscripción municipal (determinación de coordenadas) que darán certeza a la delimitación del territorio municipal y por ende al alcance de los tributos a colocar. Determinación del incremento en el valor de la propiedad en función a los cambios determinados por la autoridad a una zona o polígono producto de cambios en la densidad (construcción inmobiliaria) y/o en el uso de suelo (rústico - residencial; rústico - industrial; etc).
II. Establecimiento del concepto de anillos concéntricos para la recuperación de plusvalías. -	En este punto se solicita poder determinar con toda claridad la extensión del tributo, visto de forma porcentual respecto de la asignación de la variable de la contribución de mejoras en función a la actuación de la municipalidad en la consecución de obras a efectuar y determinar con ello que a mayor cercanía de la infraestructura pública el monto a contribuir sea mayor que quien detenta una cierta distancia del mismo. Se solicita construir un cuadro sobre la definición de anillos concéntricos y los porcentajes sugeridos de aplicación.
III. Análisis de Leyes y Reglamentos para modificar	Análisis del funcionamiento del marco legal impositivo de la municipalidad para poder comprender las ventanas de oportunidad, sobre la gestión tributaria hacia los contribuyentes. Determinación del concepto de temporalidad en el pago de recuperación de plusvalías en función a la recuperación del costo de la Inversión Pública. A partir de ello se solicita el establecimiento de las leyes municipales y/o reglamentos susceptibles de modificar a efecto de conseguir los objetivos planteados. De igual forma establecer dentro de una línea de tiempo los procesos legislativos para la implementación de las posibles modificaciones, así como su entrada en vigor bajo el concepto de ejercicio fiscal, conforme la legislación vigente.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro No 132 Líneas estratégicas (Parte 2)

IV. Ley metropolitana de Plusvalías	Conceptualización de la Ley Metropolitana de Plusvalías, determinación de la exposición de motivos y circunstancias bajo la cual se funda y motiva el establecimiento de esta Ley, alcances, definición de los conceptos de objeto, sujeto, tasa, temporalidad proporcionalidad inherentes a las leyes impositivas, definición de la potestad a cargo de la municipalidad y la extensión y alcance del ordenamiento jurídico, así como la homologación y consenso con el Viceministerio de Política Tributaria Establecimiento de artículos transitorios para la generación del reglamento correspondiente. • Establecimiento del cconcepto de recuperación de plusvalías como parte de las potestades tributarias de la municipalidad. • Épocas de cobro del Derecho • Establecimiento de los sujetos • Base de cobro del Derecho (tasas o rangos de causación) • Determinación de los supuestos • Inclusión del concepto de pago en especie • Exigibilidad del cobro del derecho y/o impuesto • Exposición de Motivos • Ley • Transitorios
V. Reglamento de Plusvalías	Particularización y especificidades respecto de la aplicación de la Ley, determinación de las facultades de la autoridad municipal y Departamental, en concordancia con los códigos fiscales, si existieran, tiempos de implementación del tributo en concordancia con los artículos transitorios de la Ley, definición de la autoridad suprema y los criterios de fiscalización del tributo.
VI. Análisis de Proyectos que impactan la plusvalía del territorio	Determinación y valuación de los proyectos de infraestructura y/o inversiones públicas productivas que redunden en un incremento intrínseco a la propiedad privada y que sean susceptibles de ser adjudicadas a la municipalidad y con ello asumir la certeza del cobro del gravamen, así como la determinación positiva (asignación de valor numérico) al nuevo valor catastral y/o comercial de los predios en función a la incidencia de la obra pública y su incremento como razón asociada.

Fuente: Elaboración propia

63. ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD AL 2050

Se plantea la integración de un Fideicomiso de Bienes Raíces (FIBRA) que realiza el repago de la deuda y se queda desarrollando el modelo inmobiliario al 2050 y adelante. Se aplica para el caso del tren de cercanías en el entendido de que se pueden desarrollar proyectos inmobiliarios aledaños a las estaciones del sistema, cuyo funcionamiento puede financiar al proyecto[34].

Las FIBRAs son fideicomisos que se encargan de rentar y administrar un portafolio de bienes inmuebles. Se les conoce como Fideicomisos de Infraestructura y Bienes Raíces.

1. La Fibra es un instrumento bursátil que replica el negocio inmobiliario de rentas, permitiendo a los inversionistas participar en el mercado de bienes raíces a través de la colocación de valores bursátiles.

2. Las Fibras siguen el modelo del Real Estate Investment Trust (REIT) de EEUU.

3. Son consideradas instrumentos híbridos, pues generan rendimientos predecibles por el arrendamiento, equiparables a instrumento de deuda, pero también tienen una parte de rendimiento variable que proviene de la plusvalía de los inmuebles.

4. Tienen tres obligaciones fundamentales:
   - Por lo menos el 70% de sus activos deben ser inmuebles destinados al arrendamiento.
   - Deben distribuir al menos el 95% de su resultado fiscal por lo menos una vez al año.
   - Las propiedades no deben de ser vendidas por al menos cuatro años después de su adquisición o término de construcción.

5. Sus “CBFIs” (Certificados Bursátiles Fiduciarios Inmobiliarios) se negocian en la Bolsa entre el público inversionista atrayendo inversión doméstica y extranjera al sector inmobiliario.

Las FIBRAs son un vehículo de inversión enfocado en la adquisición y/o construcción de bienes inmuebles para arrendamiento y del resultado obtenido de su flujo de operación es distribuido, a través de dividendos, cada trimestre.

Su objetivo es recaudar recursos en bolsa para conformar grandes portafolios de propiedades inmobiliarias en diferentes segmentos como: oficinas, industrial y comercial (retail) entre otros.

[34] En ciudades asiáticas como Singapur o Hong Kong, los desarrollos inmobiliarios propios de las empresas estatales de transporte masivo se usan para financiar los sistemas férreos, con grandes beneficios para lograr su sostenibilidad e incluso generar ganancias.

Las FIBRAs reciben ingresos derivados de los contratos de arrendamiento de las propiedades.

Las FIBRAs pagan los gastos de operación y administración de las propiedades, así como los intereses de la deuda en caso de que existan y descontando el costo de mantenimiento de las propiedades, el remanente se distribuye a través de dividendos a los tenedores de los bonos inmobiliarios o instrumentos de obligación que se hayan negociado ya sea a través de la Bolsa Boliviana de Valores o de tenedores institucionales.

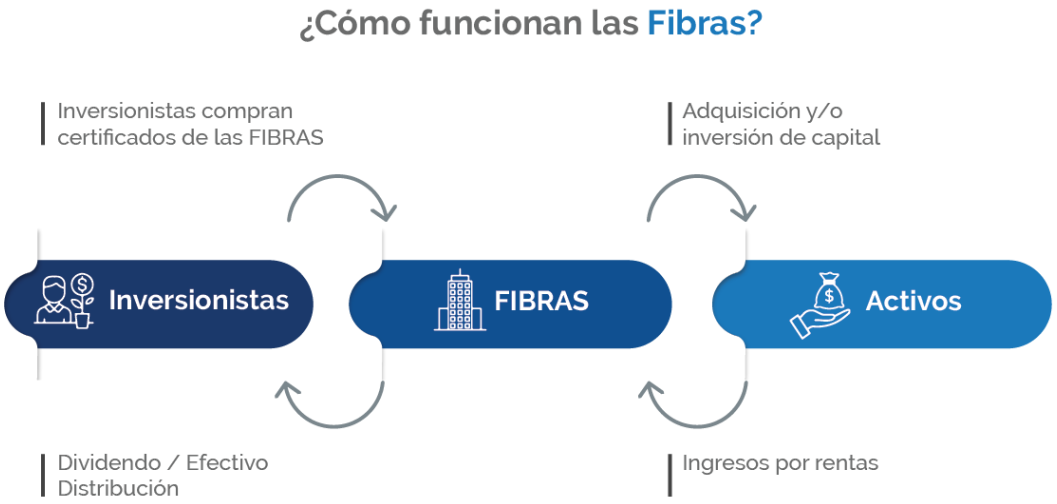
El patrimonio del Fideicomiso estará compuesto por los Activos Inmobiliarios de las estaciones ferroviarias, de la reserva inmobiliario remanente, así como de los derechos fideicomisarios, certificados fiduciarios que se hayan constituido para la construcción y operación del proyecto.

La naturaleza de una FIBRA es el largo plazo es decir permite que los proyectos una madurez más allá de los 20 años y garantizan su viabilidad con la valuación y revaluación de los activos inmobiliarios y los activos intangibles asociados al proyecto.

En resumen, es a través de un vehículo de propósito especifico o de inversión a través del cual brindará acceso al negocio inmobiliario de arrendamiento o rentas a inversionistas institucionales o los que se adhieran a través de la Bolsa Boliviana de Valores.

Todo a través de un fideicomiso que es un contrato de administración fiduciaria a la que se le entrega el patrimonio a una institución con la garantía de una administración profesional e institucional de los inmuebles.

Figura No 284 Funcionamiento de las FIBRAs



Fuente: América Economía

Condiciones previas por considerar para lograr transitar de un proyecto de desarrollo inmobiliario hacia una Fibra son las siguientes:

- Master plan con balance ESG-ASG (Ambiental, Social y Gobernanza)
- Conceptualización de un distrito urbano (Reglas claras en referencia a derechos, contribuciones y exenciones de impuestos)
- Distrito Urbano: Es la circunscripción territorial administrativa cuya delimitación corresponde al radio de aplicación de un Plan Regulador. Dentro de un distrito urbano se encuentra el cuadrante urbano y su área de expansión.
- Landmark de desarrolladores y de constructores
- Materiales y enfoque hacia la sustentabilidad
- Controles de acceso y vigilancia de última generación
- Gerencia de la administración inmobiliaria a cargo de una empresa AAA

En el competitivo mundo del desarrollo inmobiliario, obtener financiamiento para el proyecto mencionado dependerá fundamentalmente de 3 elementos o las denominadas 3 C: 1) Certeza jurídica 2) Certidumbre y 3) Confianza.

Certeza jurídica.-
Se refiere a que la estructura financiera que se defina deberá tener en aportación los bienes inmuebles completamente saneados y libres de cualquier gravamen.

Certidumbre.-
Se refiere a que por un lado estén todas las autorizaciones de uso de suelo así como las ambientales hasta los permisos de construcción.

Estrategia de Salida: Describe cómo y cuándo la institución financiera puede esperar recuperar su inversión o salir del proyecto.

Confianza.-
Se refiere a que existan menor riesgo y para ello la estructura financiera deberá tener distintos fondos de reserva y bienes colaterales que permitan transitar por el financiamiento.

Un paso fundamental hacia el éxito es elaborar un plan de negocios sólido, en lugar de elegir la institución financiera se recomienda hacer una licitación privada, preparar unos términos de referencia claros, mejorara significativamente las posibilidades de obtener financiamiento para los proyectos inmobiliarios.

63.1. Ingresos No Tarifarios

Es muy importante explorar ingresos para el sistema ferroviario que trasciendan lo estrictamente relacionado con la tarifa. Ejemplos internacionales, de países asiáticos nos muestran que los ingresos no tarifarios provenientes de otros rubros, como el comercial puede ayudar en un porcentaje entre el 10 al 20% de los ingresos totales del servicio. Se recomienda explorar opciones tales como: 1) Naming rights (por eje o por estación); 2) Alquiler de espacios comerciales; 3) Venta de productos; 4) Alquiler de espacios comerciales; y 5) otros.

SECCIÓN 15 – IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES IMPACTOS POSITIVOS

64. IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS

Los impactos socioeconómicos del tren de cercanías se identificaron en función a los indicadores que se muestran a seguir:

Cuadro No 133 Lista de Indicadores

No.	Indicador de impacto positivo
1	Tiempo promedio de viaje en transporte público
2	Tiempo disponible para la productividad
3	Cantidad de metros cuadrados adicionales de espacio público y áreas verdes por la implementación del tren de cercanías
4	Cantidad de personas que acceden a las estaciones en bicicleta
5	Cantidad de personas con discapacidad que tienen acceso al sistema de transporte
6	Cantidad de nuevas rutas de transporte resultado de la implementación del tren de cercanías
7	Mejora en el nivel de comodidad en la infraestructura de transporte
8	Impacto en valor de bienes raíces
9	Cantidad de empleos directos a partir del tren de cercanías
10	Cantidad de empleos indirectos a partir del tren de cercanías
11	Cantidad de nuevos comercios generados en las zonas de influencia de las estaciones del tren de cercanías

Fuente: Elaboración propia

Los numerales siguientes describen los indicadores y los resultados del análisis realizado.

64.1. Tiempo promedio de viaje por tipo de transporte

Este indicador mide el impacto directo que tendría el tren de cercanías en el tiempo promedio de viaje

en transporte público. A continuación, se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 134 Indicador: Impacto en el valor de los bienes raíces

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Tiempo promedio de viaje en transporte público	Eficiencia, calidad	Económico	Minutos/Km recorrido	Es la cantidad de tiempo que una persona tarda en llegar de un punto a otro considerando: transbordos, tiempos de espera, tráfico y contingencias.	Sobre la base de un determinado recorrido, se calcula el tiempo que tarda una persona en transportarse de un punto a otro utilizando el actual servicio de transporte público, comparando este tiempo con el utilizado el tren de cercanías.

Fuente: Elaboración propia

El cálculo incluyó el tiempo de viaje considerando tiempos de espera y el tiempo efectivo de viaje utilizando un micro vs. la utilización del tren de cercanías. Los resultados son los siguientes:

- En el caso del Eje Norte, el tiempo de viaje desde el municipio de Santa Cruz de la Sierra hasta el municipio de Montero, es de 55 minutos, lo cual es menor a los 75 minutos que demora un micro en unir ambos municipios. El ahorro del tiempo es de 20 minutos por recorrido. Lo cual puede ser hasta 40 minutos por día, considerando un viaje de ida y vuelta.

- En el caso del Eje Sur, el tiempo de viaje desde el municipio de Santa Cruz de la Sierra hasta el municipio de La Guardia, es de 26 minutos, lo cual es menor a los 35 minutos que demora un micro en unir ambos municipios. El ahorro del tiempo es de 9 minutos por recorrido. Lo cual puede ser hasta 18 minutos por día, considerando un viaje de ida y vuelta.

- En el caso del Eje Este, el tiempo de viaje desde el municipio de Santa Cruz de la Sierra hasta el municipio de Pilón, es de 52 minutos, lo cual es menor a los 73 minutos que demora un micro en unir ambos municipios. El ahorro del tiempo es de 21 minutos por recorrido. Lo cual puede ser hasta 42 minutos por día, considerando un viaje de ida y vuelta.

64.2. Tiempo disponible para la productividad

Este indicador mide el impacto directo que tendría el tren de cercanías en el tiempo disponible para que la población económicamente activa pueda desempeñar sus labores de manera más eficiente. A continuación, se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 135 Indicador: Tiempo disponible para la productividad

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Tiempo disponible para la productividad	Eficiencia, calidad	Económico	Horas	Es el tiempo que una persona utiliza en transportarse de un lugar a otro (fuente de trabajo) tomando en cuenta que la variación de este influye en contar con más horas de trabajo y ser más productivo.	Se obtiene comparando el tiempo en transportarse de un lugar a otro, en el tren de cercanías y el servicio actual de transporte público.

Fuente: Elaboración propia

- En el caso de los tres ejes, el Eje Norte, el tiempo de viaje desde el municipio de Santa Cruz de la Sierra hasta el municipio de Montero es menor en 20 minutos. Ello considerando un horario laboral partido (turno mañana y turno tarde con el descanso para el almuerzo) hace que incluso se pueda promover que en determinados casos, los empleados puedan volver a casa para el almuerzo, algo que es altamente valorado por los empleados que repercute en su productividad. En otros casos, considerando la reducción de tiempo de 40 minutos (viaje de ida y viaje de vuelta) esta reducción de tiempo, hace que las jornadas laborales sean más productivas en el sentido de que esas horas ganadas pueden ser aprovechadas por los trabajadores, e invertirlas en sus diferentes labores.

64.3. Cantidad de metros cuadrados adicionales de espacio público y áreas verdes por la implementación del tren de cercanías

Este indicador mide la cantidad de m2 de nuevo espacio público y áreas verdes en beneficio de la población, que será posible a causa de implementar el tren de cercanías. El nuevo espacio público implica también nuevas áreas verdes en beneficio de la población.

A continuación se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 136 Indicador: Cantidad de metros cuadrados adicionales de espacio público y áreas verdes por la implementación del tren de cercanías

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Cantidad de metros cuadrados adicionales de áreas verdes por la implementación del tren de cercanías	Bienestar y desarrollo sostenible medioambiental	Social, ambiental	m2	El diseño de las estaciones del tren de cercanías prevé una cantidad nueva de m2 dedicados a nuevas áreas verdes. Este indicador muestra la variación en la cantidad de áreas verdes existentes y las compara con las que se generarán a partir de la construcción del tren de cercanías.	Se realizará una comparación entre la cantidad de m2 de áreas verdes existentes en la zona de influencia del tren de cercanías antes y después de su construcción y puesta en marcha.

Fuente: Elaboración propia

El cálculo consideró que las estaciones del proyecto conllevan nuevos espacios públicos y áreas verdes en beneficio de la población. Los resultados son los siguientes:

- El Eje Norte contempla la implementación de 13 nuevas estaciones que sumadas miden 19642 m2, de nuevo espacio público.
- El Eje Sur contempla la implementación de 8 nuevas estaciones que sumadas miden 5118 m2, de nuevo espacio público.

- El Eje Este contempla la implementación de 7 nuevas estaciones que sumadas miden 4606 m2, de nuevo espacio público.

64.4. Cantidad de personas que acceden a las estaciones en bicicleta

La movilidad urbana sostenible incluye el uso de medios de transporte no motorizado como la bicicleta. Recientemente se están elaborando estrategias de promoción de su uso y un plan maestro de transporte no motorizado para el municipio capital. En línea con ello, se cuantificó cual sería la cantidad de usuarios que podrían utilizar las estaciones del tren de cercanías.

A continuación se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 137 Indicador: Cantidad de personas que acceden a las estaciones en bicicleta

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Cantidad de personas que acceden a las estaciones en bicicleta	Accesibilidad	Social	Nro. de personas	Las estaciones del tren de cercanías ofertarán un servicio de estacionamiento y depósito de bicicletas, esto ocasionará que un determinado número de personas comience a utilizar la bicicleta como parte del sistema integrado de transporte.	Para el cálculo de este indicador, se tomó en cuenta el número de personas que utiliza la bicicleta como parte un sistema integrado de transporte antes y después de la puesta en marcha del tren de cercanías.

Fuente: Elaboración propia

- Las 13 estaciones del Eje Norte podrían albergar con una cantidad aprox. de 162[35] mil ciclistas por año.

[35] Se consideró un promedio de 450 ciclistas por día, en 360 días de operación.

- Las 7 estaciones del Eje Sur podrían albergar con una cantidad aprox. de 79.560 [36]ciclistas por año.

- Las 7 estaciones del Eje Este podrían albergar con una cantidad aprox. de 101.160 [37]ciclistas por año.

64.5. Cantidad de personas con discapacidad que tienen acceso al sistema de transporte

Este indicador es uno de los más determinantes por sus implicancias sociales y de equidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 10% de la población mundial tiene alguna discapacidad. Es por ello, muy importante que se implementen medidas que se orienten a lograr la accesibilidad universal de las personas con discapacidad a las infraestructuras urbanas, tal es el caso del sector transporte.

A continuación se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 138 Indicador: Accesibilidad de personas con discapacidad

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Cantidad de personas con discapacidad que tienen acceso al sistema de transporte	Accesibilidad, Universalidad	Social	Nro. de personas	Toma en cuenta la cantidad de personas con discapacidades que cuentan con un servicio de transporte que se adecue a sus necesidades.	Se calcula a partir de datos estadísticos de personas con discapacidad existentes en la RMSC en relación a la oferta de servicio de transporte que se adecua a sus necesidades.

Fuente: Elaboración propia

Considerando la cantidad de usuarios que movería el proyecto del tren de cercanías, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El Eje Norte del tren de cercanías albergará a 80 mil pasajeros con discapacidad al año.

[36] Se consideró un promedio de 221 ciclistas por día, en 360 días de operación.
[37] Se consideró un promedio de 281 ciclistas por día, en 360 días de operación.

- El Eje Sur del tren de cercanías albergará a 49 mil pasajeros con discapacidad al año.
- El Eje Este del tren de cercanías albergará a 27 mil pasajeros con discapacidad al año.

64.6. Cantidad de nuevas rutas de transporte a raíz de la implementación del tren de cercanías

Este indicador mide el número de nuevas rutas[38] de transporte público como resultado del proyecto de tren de cercanías.

A continuación, se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 139 Indicador: Cantidad de nuevas rutas de transporte a raíz de la implementación del tren de cercanías

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Cantidad de nuevas rutas de transporte resultado de la implementación del tren de cercanías.	Accesibilidad	Social	Nuevas rutas	Son las nuevas rutas que se generarán a partir de la instalación de estaciones del tren de cercanías, tomando en cuenta un nuevo número de personas que se trasladará desde distintos puntos hasta las estaciones.	Este dato se obtuvo en base a la información del número de nuevas rutas previsto a partir de la implementación del tren de cercanías.

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las estaciones del Eje Norte del tren de cercanías implicarán la generación de por lo menos

[38] Se consideraron líneas de transporte público de trufis, mototaxis y toritos.

10 nuevas líneas en el municipio de Santa Cruz de la Sierra. Mientras que en el municipio de Warnes, se estima que se generen por lo menos 12 líneas de transporte público. En el municipio de Montero, se espera que se generen aprox. 5 líneas nuevas.

- Las estaciones del Eje Sur del tren de cercanías generarán 5 nuevas líneas de transporte público en el municipio de Santa Cruz de la Sierra. En el municipio de La Guardia es posible que hayan por lo menos dos nuevas líneas de transporte público que se generen.

- Las estaciones del Eje Este del tren de cercanías generarán 4 nuevas líneas de transporte público en el municipio de Santa Cruz de la Sierra. En el municipio de Cotoca generan 2 nuevas líneas y en el municipio de Pailón 1 nueva línea de transporte público.

64.7. Mejora en el nivel de comodidad en la infraestructura de transporte

Como se pudo ver en el diagnóstico realizado, en la actualidad los lugares desde donde se da el transporte municipal, interprovincial y/o intermunicipal no ofrecen las condiciones de confort para la espera de los usuarios, al no tener espacios climatizados ni asientos de espera. Con el fin de transformar esta situación, el tren de cercanías brindará espacios conformables, para el grupo heterogéneo de usuarios que harán uso de su infraestructura.

Cuadro No 140 Indicador: Mejora en el nivel de comodidad de la infraestructura de transporte

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Mejora en el nivel de comodidad en los medios de transporte	Calidad	Social	Espacio/ pasajero	El sistema de transporte ofrece distintas condiciones de comodidad al pasajero que se transporta de un lugar a otro. Este indicador mide el espacio de espera antes de abordar los vehículos de transporte.	Se hizo una comparación de la actual inexistencia de espacios de espera en la mayoría de los municipios de la RMSC, en comparación con la nueva oferta de infraestructura

Fuente: Elaboración propia

- Todos los ejes del proyecto cuentan con infraestructura que se han diseñado para dotar de mínimamente 1,20 m2 por pasajero en las estaciones y contemplar 4 personas por m2.

64.8. Impacto en el valor de los bienes raíces

Este indicador mide el impacto directo que tendrían los ejes del tren de cercanías en el valor del suelo de las propiedades colindantes a cada localización de su infraestructura. A continuación, se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 141 Indicador: Impacto en el valor de los bienes raíces

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Impacto en valor de bienes raíces	Sostenibilidad económica	Económico	Bs	La construcción del tren de cercanías y la ubicación de sus estaciones, generan impacto directo en el valor de los bienes raíces que los rodean. El indicador mostrará el resultado de estas variaciones.	Se prevé un impacto en el valor de los bienes raíces en la zona circundante a cada estación y en toda el área por las cuales transita el tren de cercanías. Estos datos se calcularán sobre la base variación del costo de m2 de terreno en esta área geográfica.

Fuente: Elaboración propia

- En el caso de las estaciones intermedias de los diferentes ejes se estima un incremento de aprox. el 30% del valor del suelo en las áreas circundantes.
- En el caso de las estaciones finales y a los patios y cocheras, se elevará el valor del suelo entre un 35 a 40%.

64.9. Cantidad de empleos directos generados a partir del tren de cercanías

Este indicador mide la cantidad de empleos directos generados a raíz de la implementación del tren de cercanías. Para ello se han elaborado cálculos en dos etapas diferentes: a) Etapa de construcción; y b) Etapa de operación. Para la etapa constructiva se consideraron los empleos referidos a la obra misma, como ser: obreros, capataces, operarios de maquinarias, etc. Para la etapa operativa se consideraron los empleos de las actividades operativas específicas, como ser: Empleados de control de empresas operadoras, operarios ferroviarios, técnicos, mecánicos, etc.

Cuadro No 142 Indicador: Cantidad de empleos directos generados

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Cantidad de empleos directos a partir del tren de cercanías	Bienestar	Económico	Nro. de empleos	Para la construcción del tren de cercanías se requiere de mano de obra calificada de obreros y profesionales, etc. Ello generará la creación de empleos directos.	Se realizará una comparación entre la cantidad de empleos que existen en las zonas geográficas antes y después de la puesta en marcha de las estaciones del tren de cercanías

Fuente: Elaboración propia

- La primera fase, consistirá en la construcción del Eje Norte, lo cual generará más de 2000 puestos de trabajo directo. La segunda fase de construcción (Eje Sur), generará 1458 empleos directos. Finalmente, la fase 3 (Eje Este), posibilitará la creación de 1820 empleos directos. Sumadas todas las fases, se puede aseverar que para la fase de construcción del tren de cercanías, se generarán 5278 empleos directos.

- Considerando la operación de las 3 líneas, se prevé que se requieran aproximadamente 800 empleados para tal fin.

- En total sumando las etapas constructiva y operativa, se estimada que el tren de cercanías generará más de 6 empleos directos.

64.10. Cantidad de empleos indirectos a partir del tren de cercanías

Este indicador mide la cantidad de empleos indirectos generados a raíz de la implementación del tren de cercanías. Para ello se han elaborado cálculos en dos etapas diferentes: a) Etapa de construcción; y b) Etapa de operación. Las actividades indirectas como la de servicios conexos a la operación ferroviaria y la de absorber requerimientos gastronómicos se consideraron como actividades conexas a las etapas señaladas.

Cuadro No 143 Indicador: Cantidad de empleos directos generados

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Cantidad de empleos indirectos a partir del tren de cercanías	Bienestar	Económico	Nro. de empleos	El flujo de personas que se generará en las zonas donde se instalen estaciones del tren de cercanías, implicará un crecimiento en la demanda de distintos servicios que se traducen en la generación de empleos indirectos.	Se realizará una comparación entre la cantidad de empleos que existen en las zonas geográficas antes y después de la puesta en marcha de las estaciones del tren de cercanías

Fuente: Elaboración propia

- Considerando los tres ejes en su fase de construcción, se estima que la cantidad de empleos directos generados será de aprox. 391 puestos de trabajo.
- Considerando los tres ejes en su fase operativa, se estima que la cantidad de empleos directos generados será de aprox. 3782 puestos de trabajo.
- En total sumando las etapas constructiva y operativa, se estimada que el tren de cercanías genere 4173 empleos indirectos.

64.11. Cantidad de nuevos comercios generados en las zonas de influencia del tren de cercanías

Este indicador mide la cantidad de nuevos comercios que podrían surgir a causa de la implementación del tren de cercanías. Los tipos de comercio que se prevé se establezcan se relacionan al ámbito gastronómico (pequeños restaurantes), y comercial (tiendas de barrio). A continuación se muestra el cuadro resumen de los criterios realizados para determinar los resultados.

Cuadro No 144 Indicador: Cantidad de nuevos comercios generados

Indicador propuesto	Principio de la movilidad sostenible con el que se relaciona	Área de impacto	Unidad de medida	Descripción	Forma de cálculo
Cantidad de nuevos comercios generados en las zonas de influencia de las estaciones del tren de cercanías	Bienestar	Económico	Nro. de comercios	La cantidad de personas que circulará en las zonas de influencia de las estaciones tendrá una variación cuando esté en funcionamiento, esto generará nueva demanda de productos y servicios que se traducirá en nuevas oportunidades de negocio.	Se hará una medición de la cantidad de negocios existentes en la zona de influencia de las estaciones antes y después de su construcción y puesta en marcha.

Fuente: Elaboración propia

- El Eje Norte generaría 130 nuevos comercios en los lotes cercanos a la localización de sus estaciones.
- El Eje Sur y el Eje Este generaría cada uno de ellos, 70 nuevos comercios en los lotes cercanos a la localización de sus estaciones.
- En total se espera que el tren de cercanías genere 270 nuevos comercios a lo largo de sus tres ejes.

SECCIÓN 16 – IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE COMPLEMENTARIOS AL TREN DE CERCANÍAS

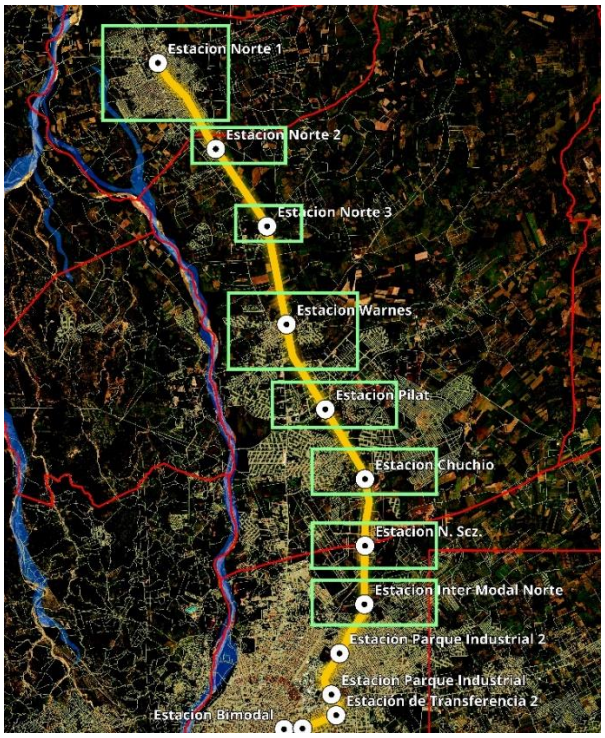
65. MODOS DE TRANSPORTE COMPLEMENTARIO AL TREN DE CERCANÍAS

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo las estaciones podrían ser complementadas con otros modos de transporte, permitiendo consolidar un SIT (Sistema Integrado de Transporte en la Región Metropolitana).

65.1. Modos de transporte complementarios en el Eje norte

En el eje norte el Tren de Cercanías puede ser complementado con los servicios locales de transporte de los municipios de Montero y Warnes, como los servicios de mototaxi, trufis, entre otros. Estos municipios deberán planificar su territorio en torno a la ubicación de las estaciones que recomienda el presenta estudio, con el fin de prever los espacios territoriales necesarios y la logística del transporte local respecto a las estaciones del tren.

Cuadro No 145 Complementación del eje norte con otras modalidades de transporte

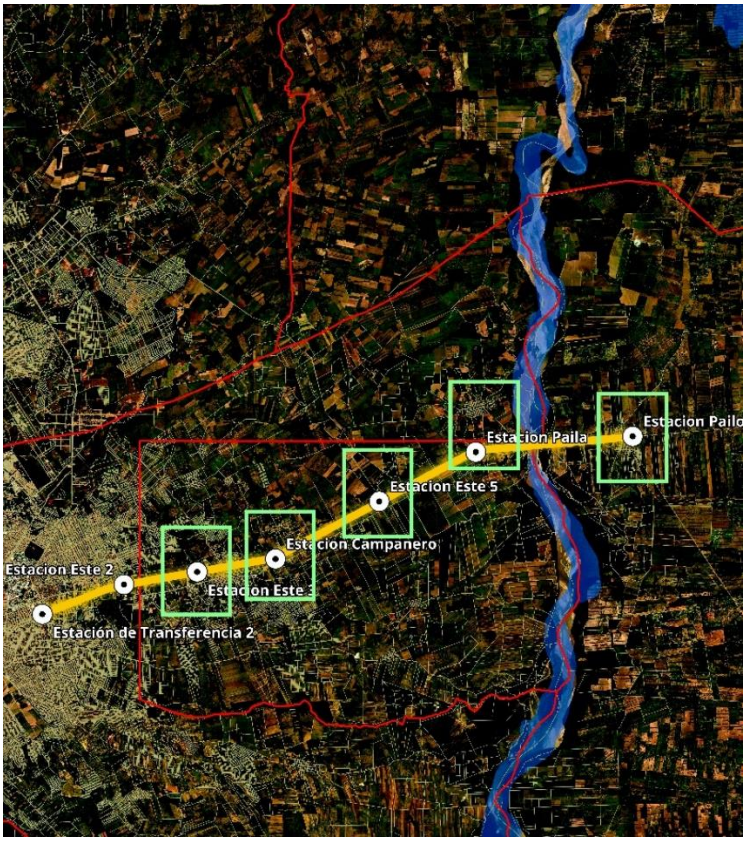
EJE NORTE	COMPLEMENTACIÓN CON OTROS MODOS DE TRANSPORTE
	 (Mototaxis) (Trufis) Otros: (Buses, Toritos, bicicletas)

Fuente: Elaboración propia

65.2. Modos de transporte complementarios en el Eje Este

En el eje este, las estaciones del Tren de Cercanías involucran a los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Cotoca y Pailón, por tanto, los municipios involucrados deben considerar en su planificación urbana los espacios necesarios para la implementación de las estaciones y asimismo la planificación de su sistema local de transporte público. Los modos de transporte complementarios al Tren de Cercanías en el eje este son: los mototaxis, trufis intermunicipales, transporte no motorizado, entre otros.

Cuadro No 146 Complementación del eje este con otras modalidades de transporte

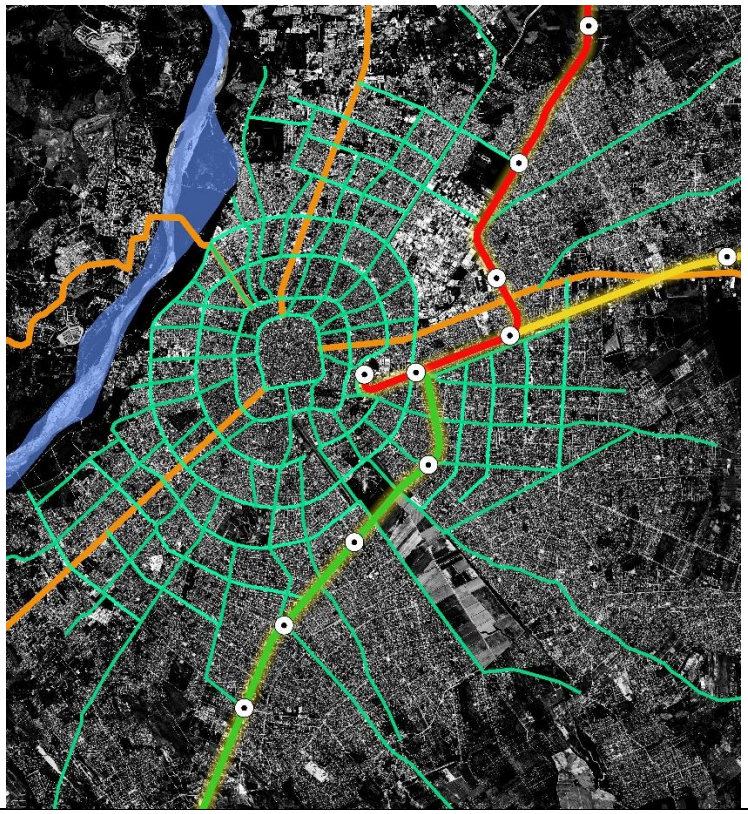
EJE ESTE	COMPLEMENTACIÓN CON OTROS MODOS DE TRANSPORTE
	 (Mototaxis) (Trufis) Otros: (Buses, Toritos, bicicletas)

Fuente: Elaboración propia

65.3. Modos de transporte complementarios en el Eje Sur y centro urbano de la Región Metropolitana

En el caso del eje sur, parte del eje norte y parte del eje este, estos se encuentran en la zona con mayor densidad de la Región Metropolitana de Santa Cruz, en el que actualmente operan diferentes modos de transporte, tanto urbanos como intermunicipales. Ante ello, se propone que los ejes troncales, radiales y corredores de transporte del municipio de Santa Cruz de la Sierra, sean los medios para la implementación de nuevos modos de transporte como los Buses de tránsito rápido "BRT", ciclovías, etc. Permitiendo consolidar un Sistema de Integral de Transporte en la Metrópoli cruceña en el que se vinculen diversas modalidades de transporte.

Cuadro No 147 Complementación del eje sur y centro urbano metropolitano con otras modalidades de transporte

EJE SUR Y CENTO URBANO METROPOLITANO	COMPLEMENTACIÓN CON OTROS MODOS DE TRANSPORTE
	(Mototaxis) (Trufis) (Buses de Transito Rápido)

	(Ciclovías)

Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN 17 – RUTA CRÍTICA

66. PASOS DE LA RUTA CRITICA

El presente diagnóstico, se constituye en un insumo muy importante para el desarrollo de los trenes de cercanías. Sin embargo; es importante identificar los pasos a seguir, que en conjunto conforman la ruta crítica para que estos sistemas férreos se implementen en la Región Metropolitana de Santa Cruz.

Figura No 285 Pasos clave de la ruta crítica

Fuente: Elaboración propia

66.1. PASO 1: Elaboración de los estudios de preinversión

Conforme al SPIE se deben encarar los estudios de preinversión en el siguiente orden:

- Informe Técnico de Condiciones Previas (ITCP)
- Estudio de Diseño Técnico de Preinversión (EDTP)

Para ambos estudios se recomiendan que se elaboren términos de referencia específicos para que los resultados sean los de mayor calidad. De le misma manera, se plantea que exista una empresa supervisora de los estudios, así el GADSC tendría solamente la responsabilidad de fiscalizar los proyectos.

Figura No 286 El ITCP y el EDTP como instrumentos claves de la preinversión

Fuente: Ministerio de Planificación del Desarrollo

66.2. PASO 2: Definición del esquema financiero

En los numerales precedentes se recomendó que el esquema financiero a aplicar sea el esquema de concesiones o en su defecto el esquema de APP. Es importante que se defina cuál de los mismos se aplicará para implementar los trenes de cercanías.

En cualquiera de los dos casos, se deben revisar los marcos normativos y de gestión que permitan que el esquema elegido se dé sin causar retrasos en los demás pasos de la ruta crítica del proyecto.

Por otra parte, es importante decir, que en Bolivia, los grandes proyectos de transporte implementados (e.g. Teleférico La Paz – El Alto, Tren Metropolitano de Cochabamba) fueron implementados por el gobierno nacional utilizando presupuesto público proveniente de créditos del Banco Central de Bolivia.

66.3. PASO 3: Elección de la forma de administración y la operación de los trenes de cercanías

En este paso, se debe elegir la forma de administración de los sistemas férreos. La forma en la cual se administran y operan sistemas similares en otros países, pueden ser ejemplos relevantes a considerar.

En la sección comparativa de los ejemplos internacionales, se describió la manera en la cual se suelen operar los trenes de cercanías con participación del sector privado y las responsabilidades del sector público.

66.4. PASO 4: Diseño e implementación de la estrategia comunicacional y la prevención de conflictos

Se trata de las actividades más relevantes de todo el proyecto. La estrategia comunicacional se debe plantear de manera integral, con la participación de especialistas y de un numeroso equipo de profesionales de planta y consultores al interior del GADSC. Se recomienda construir al interior de la estructura de la gobernación, a una repartición cuya única labor sea el manejo de la estrategia comunicacional y la prevención de conflictos. Esta unidad, debe contar con amplios recursos económicos, equipamiento de última generación, facilidades logísticas y un gran número de personal capacitado con dedicación exclusiva.

66.4.1. Estrategia comunicacional

La visión de la estrategia comunicacional debe ser el punto de inicio de la misma. Se deben establecer hitos, tonos, mensajes y productos comunicacionales con fines específicos. Es decir; se debe construir una línea del tiempo en la que se sepa la fecha tentativa de inicio de operaciones, definiendo etapas previas para lograr los siguiente fines: a) Comunicar los objetivos de los trenes de cercanías; b) Explicar los beneficios para la población que traerá el proyecto; c) Explicar sus características técnicas; d) Generar de expectativa; e) Lograr la apropiación del proyecto; y f) Prevenir adversarios y oposiciones que afecten el cronograma de desarrollo del proyecto.

Los canales de comunicación para entregar los “productos comunicacionales” deben ser masivos. Para ello se deben contratar empresas especializadas para generar contenidos en redes sociales. Por otra parte, se requiere contratar empresas para construir productos

audiovisuales. La supervisión del desempeño y logro de resultados de todas estas labores, deben ser responsabilidad de la repartición creada al interior del GADSC para tal fin.

66.4.2. Prevención de conflictos

Se deben desarrollar estrategias de prevención de conflictos que inicie con un amplio mapeo de actores, identificando a sectores clave de la sociedad civil organizada. El mapeo de actores segmentado, ayuda a definir estrategias de prevención de conflictos específicos para: i) Transportistas; ii) Gremiales; iii) Juntas vecinales; iv) Asociaciones de profesionales; y v) otros.

Estas estrategias requieren de amplios procesos de socialización y trabajo conjunto minucioso y constante, que permita lograr mitigar el riesgo de oposición al proyecto.

66.5. PASO 5: Licitación de la construcción de la infraestructura de los trenes de cercanías

Se debe licitar la construcción de las obras de la infraestructura necesaria para los trenes de cercanías, ya sea por los procesos de contratación pública o por la vía privada en el caso de que el proyecto se encare como concesión.

En cualquier caso, es altamente recomendable que las empresas constructoras sean entidades con vasta experiencia en obras, lo cual coadyuvará a garantizar la calidad de la obra.

66.6. PASO 6: Construcción de la infraestructura del eje norte e implementación de sus componentes

En línea con lo definido en los numerales precedentes, referidos a las fases de implementación de los trenes de cercanías, se recomienda encarar la construcción con varias cuadrillas de obra, diferenciando la construcción de las estaciones de la vía férrea como tal.

Se recomienda contratar a una empresa supervisora de la construcción de las obras ferroviarias. A diferencia de la construcción de carreteras, la infraestructura ferroviaria debe ser construida con una precisión milimétrica. Ello requiere de rigor en la obra y de una correcta supervisión por parte de especialistas.

Al margen de las obras, un sistema ferroviario necesita de sistemas de señalización y electrificación que son igual de esenciales para que el servicio sea una realidad.

Otros componentes esenciales son: a) El Sistema de Recaudo; b) El Sistema de información al

usuario; y c) Sistema de control de las operaciones. Todos estos componentes son complejos sistemas en si mismos, que requieren de empresas especializadas para su implementación.

66.7. PASO 7: Puesta en marcha e inicio de operaciones del Eje Norte

De manera paralela a la etapa de construcción, se debe elaborar el diseño operativo para la puesta en marcha del Eje Norte.

La puesta en marcha del servicio debe ser gradual, para que la población se vaya familiarizando y vaya tomando conocimiento de los diferentes componentes del sistema. Razón por la cual, se recomienda iniciar con una “marcha blanca”, que significa que los usuarios podrán hacer uso del servicio sin pagar. Esta etapa es ideal para calibrar la operación, probando en la práctica lo planificado, probando intervalos y tiempos de espera en las estaciones habilitadas para este fin. En esta etapa de marcha blanca, se debe aprovechar para una intensa campaña de información de la manera en la cual utilizar el servicio. Se recomienda particularmente invitar a usuarios de grupos vulnerables de la población para usar el servicio.

66.8. PASO 8: Implementación de las FASES SIGUIENTES de los trenes de cercanías (Eje Sur y Eje Este)

Una vez implementado el servicio del Eje Norte, se debe proceder a la etapa constructiva y de puesta en marcha de los otros ejes. Es importante respetar todo el plan maestro definido, implementando a cabalidad cada eje proyectado. Como ocurre en proyectos ferroviarios similares, a lo largo del tiempo, se verá la necesidad de ampliar alguno de los ejes o incluso se podría identificar la necesidad de construir estaciones intermedias o ampliar alguna de las estaciones ya planificadas. Todo ello depende la siempre cambiante demanda de usuarios.

SECCIÓN 18 – INFORMACIÓN GRÁFICA DEL TREN DE CERCANÍAS

67. VISTAS VIRTUALES

Si bien este diagnóstico no implica el diseño arquitectónico de la infraestructura del tren de cercanías, se elaboraron imágenes de una visión general de las estaciones principales. El ejemplo elegido es la estación principal denominada la "Estación Intermodal del Norte", que es una infraestructura muy importante para el proyecto porque permitirá esa conexión directa con la terminal de transferencia Norte que viene encarando el GADSC, en cercanías al límite entre los municipios de Santa Cruz de la Sierra y Warnes.

Figura No 287 Perspectiva interior de la Estación Intermodal del Norte

Fuente: Elaboración propia

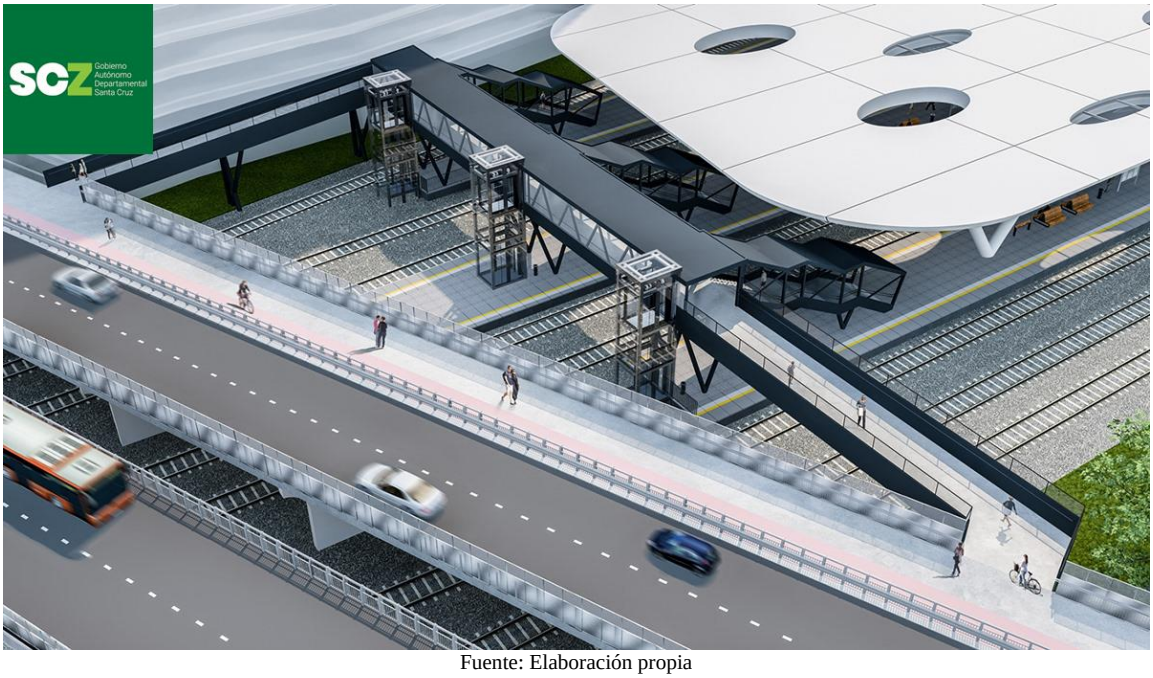
Figura No 288 Perspectiva exterior de la Estación Intermodal del Norte

Fuente: Elaboración propia

Figura No 289 Vista aérea 1 de la Estación Intermodal del Norte

Fuente: Elaboración propia

Figura No 290 Vista aérea 2 de la Estación Intermodal del Norte



Fuente: Elaboración propia

Figura No 291 Perspectiva interior de la estación

Fuente: Elaboración propia

Figura No 292 Perspectiva interior de pasarela de acceso a la estación

Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN 19 – CONCLUSIONES

Este apartado presenta las conclusiones arribadas a lo largo de todo el estudio, las cuales han sido compiladas en orden y se presentan a seguir.

68. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

- El estudio del marco legal ha hizo un relevamiento y prelación normativa, revisando las siguientes leyes y normas: a) Constitución Política del Estado; b) Ley Marco de Autonomías; c) Ley 777 del SPIE; d) el PDES en lo referido al sector transporte; e) Ley 1333 de Medio Ambiente; f) Ley 1178 en lo relativo al Sistema de Crédito Público y al D.S. 181 – Sistema de Administración de Bienes y Servicios; g) Decreto Supremo 3469 de inversión conjunta; h) Ley 1874 de concesiones de obras públicas de transporte; i) Ley Departamental 224 de promoción de inversiones a través de Alianzas Público-Privadas y Concesiones; j) Ley 165 General de

Transporte; k) Ley 441 de pesos y dimensiones; l) Ley General de Ferrocarriles de 1010; m) Estatuto Autonómico Departamental de Santa Cruz; n) Ley 96 departamental de transporte terrestre; ñ) Ley Departamental 319; o) Ley Municipal 1216; p) Decreto Municipal 08/2023; q) Planes y programas de transporte; y r) Marco normativo de la IDAM. Todas esas normas permiten determinar el marco competencial y de acción que tiene el GADSC para desarrollar políticas, planes, programas y proyectos de transporte ferroviario en la Región Metropolitana de Santa Cruz.

- La Ley Marco de Autonomías y Descentralización le da al GADSC la potestad de planificar y ejecutar políticas, planes, programas y proyectos en su jurisdicción. Al respecto se destaca el impulso que se le ha dado a la puesta en vigor de la Región Metropolitana a raíz de la Ley Departamental 187 de creación y regulación de la Región Metropolitana “Santa Cruz Metrópoli”.
- El Decreto Departamental No. 382, designa al Vicegobernador del GADSC como la Autoridad Responsable de la Instancia Departamental de Asuntos Metropolitanos (IDAM). Ello consiste en un paso fundamental en el proceso de planificación metropolitana con la participación de los diversos actores gubernamentales, técnicos, académicos y de la sociedad civil.
- El liderazgo metropolitano que ejerce el GADSC a través del Vicegobernador al amparo de los instrumentos de planificación y conforme a las normas del sector transportes, considerando la Ley General 165 y la Ley No. 96 Departamental de Transporte y su reglamento, facultan al GADSC para la planificación del transporte terrestre. De la misma manera el marco nacional de concesiones de la Ley 1874 y en especial la Ley Departamental 224 de promoción de inversiones a través de Alianzas Público-Privadas y Concesiones, sientan las bases a que las grandes infraestructuras de transporte puedan ser desarrolladas por iniciativas púbicas, iniciativas privada o iniciativas mixtas.
- Se recomienda desarrollar un PRODET y proponer la realización de un PROMUT metropolitano con el fin de actualizar el estudio JICA, cumpliendo así lo establecido en la Ley 165, pero con una visión metropolitana que incluya a todos los municipios de la Región Metropolitana de Santa Cruz y algunos aledaños como lo son Portachuelo, Colpa Bélgica y Montero.
- Se recomienda avanzar en el desarrollo de una ley departamental de transporte de carga, considerando el proyecto que se tiene en borrador, el cual se constituye en un gran aporte para dicha normativa, tan necesaria para el departamento de Santa Cruz.
- Los tramos Montero – Santa Cruz y Santa Cruz – Pailón, pertenecen a la Red Departamental de Ferrocarriles, por lo tanto; el Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz tiene competencia de construir y mantener las líneas férreas y ferrocarriles en el territorio departamental.
- La normativa de ferrocarriles de Bolivia es del año 1910, por tanto; existe una desactualización de la norma específica hacia el transporte de ferrocarriles. Considerando que en la actualidad la Región Metropolitana de Santa Cruz ya opera un sistema de transporte ferroviario.

- La normativa de 1910 establece el ancho de trocha de 1 metro, siendo que en la actualidad el ancho de trocha utilizado para la implementación de Trenes de Cercanías debe ser “estándar” de 1,435 metros.
- Los gobiernos municipales deben incorporar áreas que puedan servir como estaciones ferroviarias, por tanto, la coordinación y planificación entre los diferentes niveles del Estado es fundamental para la implementación de un Tren Cercanías en la Región Metropolitana de Santa Cruz.
- El Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz actualmente no cuenta con una normativa específica de transportes férreos.
- El Plan Maestro del Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz (2017) ha descrito y analizado todos los aspectos de la movilidad de pasajeros y mercancías, dando valiosa información en lo referido a las líneas de deseo y patrones de movilidad. Por la fecha en la cual se elaboró, se puede notar que dio mayor importancia a los flujos provenientes del sur de la metrópoli. Ello con los últimos años ha cambiado, con la creciente explosión demográfica del norte de la RMSCZ.
- En lo referido al transporte de carga, el estudio JICA indica que debido a la naturaleza de su actividad, los movimientos de camiones son la principal generación y atracción de viajes de las fábricas, aunque los viajes de camiones pequeños (Camionetas/furgonetas) responden al 32.8%. El número de viajes promedio de camiones fue de 4,8 por día por camión mientras que la duración de viaje promedio fue de 25,5 km con un viaje promedio de 86 minutos. Los viajes dentro del Área del Proyecto representan aproximadamente el 80% de los viajes. Los distritos 6 y 10 son dos centros principales de flujos de vehículos de carga. Muchos camiones tienen viajes entre la dirección suroeste a noreste. Se destaca un flujo importante a raíz del parque industrial de Santa Cruz de la Sierra.
- Estudio Estructuración Técnica, Financiera, Legal, Socialy Ambiental para la operación de la Fase 1 del nuevo sistema de transporte Bus Rapid Transit (BRT) en Santa Cruz de la Sierra en el Corredor Norte – Sur de IDOM (2020) arroja datos de demanda de pasajeros en el corredor norte-sur. Se destaca que los mayores picos de demanda se dan sobre la Av. Santos Dumont, tramos 11 y 12 del sector SUR del CNS en sentido norte, llegando a los 12.199 pax/h en 2035. Esta alta demanda sólo se da en la hora pico. Como mostrado en las gráficas anteriores, estos valores de carga máxima se concentran en la hora pico, mientras que para el resto del día no alcanzan valores tan altos en los sectores SUR y NORTE. Sin embargo; el sector CENTRO sí mantiene cargas elevadas, aproximadamente de 6.000 pax/h en al medio día, con un crecimiento significativo a lo largo de los años, muy relacionado con los crecimientos de la demanda del Primer Anillo.

- El EDTP del Tren Metropolitano Santa Cruz – Warnes – Montero y conexión con el Aeropuerto Internacional Viru Viru (2023), tiene los datos más actualizados de la demanda de pasajeros a lo largo de los 25 km del 4to Anillo y los 61 km de Santa Cruz de la Sierra hasta Montero. Los datos más relevantes que muestran son: a) Para el 2027 moverán en su hora pico am (7:00 a 9:00) 20.763 pasajeros; b) El año 2037, se transportarán 405.288 pasajeros al día, destacando los 266.606 pasajeros en la linea de Santa Cruz de la Sierra a Montero; y c) El año 2047, se transportarán 862.181 pasajeros, destacando los 506.379 pasajeros en la línea por el 4to Anillo.
- El Estudio de Aforo Vehicular en la Región Metropolitana de Santa Cruz (2022) actualiza los datos que el estudio JICA había identificado en el 2017. Ello es central puesto que la movilidad urbana se ha visto afectada por diversos factores, entre los cuales está la pandemia. Los principales datos a descatar: a) Para el 2025, ingresarán a la RMSCZ 94.129 vehículos; b) En el 2030, ingresarán a la RMSCZ 127.041 vehículos; y c) En el 2050, ingresarán a la RMSCZ 224.628 vehículos. Por otra parte: Para el 2025, saldrán de la RMSCZ 74.942 vehículos; b) En el 2030, saldrán de la RMSCZ 100.423 vehículos; y c) En el 2050, saldrán de la RMSCZ 431.028 vehículos.
- El Estudio Origen - Destino y Conteo de Pasajeros en la Región Metropolitana de Santa Cruz presenta datos relevantes de la forma en la cual se realizan viajes en los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Cotoca, La Guardia, El Torno, Warnes, Porongo, Montero, Colpa Bélgica y Pailón. Los encuestados fueron en 53% mujeres, 48% tienen estudios secundarios, y el 35% de ellos estuvo en el rango de edad de 18 a 25 años. El 17,9% de los encestados residen en Montero y el 77,3% tiene como destino a Santa Cruz de la Sierra. Los resultados muestran características de los viajes analizando la cantidad de los viajes (61% usa un solo medio de transporte), diferenciado entre 1, 2, 3 y 4 viajes, caracterizando los medios de transporte más utilizados, el gasto promedio y el tiempo promedio. En el caso de los usuarios que usan sólo un medio de transporte, el tiempo promedio que invierten es de 47 minutos y su gasto promedio es de Bs. 12,50. En el caso de los usuarios que usan dos medios de transporte, el tiempo promedio que invierten es de 64 minutos y su gasto promedio es de Bs. 13,10. En el caso de los usuarios que usan 3 medios de transporte, el tiempo promedio que invierten es de 76,8 minutos y su gasto promedio es de Bs. 15,50. En el caso de los usuarios que usan 4 medios de transporte, el tiempo promedio que invierten es de 94,5 minutos y su gasto promedio es de Bs. 43,40. Se analizaron los propósitos de viaje (33,67% con fines de trabajo) y los tiempos de permanencia en los destinos (33% de 4 a 8 horas). Finalmente se hicieron conteos en 4 ejes de la RMSCZ, realizando conteos de pasajeros de ingreso y salida, habiendo encontrado que 569.945 pasajeros lo hacen por día. A ello, el 39,06% se contó en el Eje Norte, el 23,53% se contó en el Eje Sur, el 19,7% se contó en el Eje Este y el 17,72% en el Eje Oeste.
- Se elaboró un análisis integral del sistema de centros urbanos de la Región Metropolitana de Santa Cruz que serán vinculados a través del tren de cercanías. Se destaca el crecimiento

demográfico de manera sostenida del municipio de Santa Cruz de la Sierra y el crecimiento exponencial del municipio de Warnes.

- Se definieron las fases de implementación del tren de cercanías en 3 ejes troncales: Eje Norte (Santa Cruz de la Sierra – Warnes – Montero, con una longitud de 62 km); Eje Sur (Santa Cruz – La Guardia, con una longitud de 51,6 km); Eje Este (Santa Cruz de la Sierra – Cotoca – Pailón, con una longitud de 31,2 km). Se definieron las tipologías de estaciones en simples, dobles y principales. Se toma como estaciones troncales a la estación de la terminal bimodal y de la estación intermodal norte. El eje norte tendrá 13 estaciones; el eje sur tendrá 8 estaciones y el eje este tendrá 7 estaciones. De la comparación de ejes, se definió que la primera fase estará comprendida por el Eje norte, la segunda fase la comprende e Eje Sur y la tercera fase, la conforme el Eje Este.

- Se hizo un análisis de los mejores ejemplos de material rodante de pasajeros y carga que se adapte a las condiciones de un sistema de transporte férreo con una trocha estándar. El sistema ferroviario recomendado es eléctrico tanto para el transporte de pasajeros como para el transporte de carga.

- Se presentaron los requerimientos de electricidad que necesitan los tres ejes del proyecto. Y las propuestas de localización de la infraestructura para el tendido eléctrico, en función a red acometidas, red de distribución interna y subestaciones de tracción. De la misma manera se describió la catenaria de 1500 VCC. Se hizo un análisis de caídas de tensión y un estudio de potencia demandada por punto por subestación.

- En relación a las obras complementarias se describieron los requerimientos de señalización ferroviaria, vial y de comunicaciones. En cuanto a infraestructura se definió que se requiere construir una nueva vía de conexión con la terminal de transferencia Norte.

- El costo de la fase 1 (cuya implementación debe estar lista el 2029), asciende a USd. 444.998.312. Para la fase 2 (cuya implementación debe estar lista el 2033), se necesita de USd. 215.734.805. Para la fase 3 cuya implementación debe estar lista el 2038), se requiere un presupuesto de USd. 314.953.866. Sumando todas las fases más las obras complementarias el presupuesto necesario es de USd. 986.475.474.

- Se elaboró un análisis de costos operativos y la proyección a 30 años, resultando que los costos operativos, administrativos, incluyendo depreciaciones requieren de un presupuesto de USd 60,25 millones por año para los 3 ejes del tren de cercanías. Si es que se logran transportar a 108 millones de pasajeros por año en los 3 ejes, cobrando una tarifa plana de Bs. 5, se puede lograr ingresos de USd 77,5 millones al año, sin contemplar impuestos. De la misma manera se presentaron 3 escenarios, contemplando el crecimiento de los ingresos conforme al crecimiento de la demanda: a) Tasa de crecimiento del 1,89%; b) Tasa de crecimiento del 3,5%; c) Tasa de crecimiento del 5%

- Se elaboró un análisis de financiamiento considerando tres escenarios: Plan A (aporte gubernamental); Plan B (APP) y Plan C (Concesión). Se describieron las ventajas de cada uno de ellos en relación a bonos verdes, y mecanismos en los cuales se puede promover la participación de los privados. El mecanismo de plusvalías se describió como fuente importante de ingresos. De la misma manera se expuso las FIBRAS como oportunidad a lograr la sostenibilidad del proyecto.

- Se presentaron 11 indicadores de impactos socioeconómicos del proyecto previstos: i) Tiempo promedio de viaje en transporte público; ii) Tiempo disponible para la productividad; iii) Cantidad de metros cuadrados adicionales de espacio público; iv) Cantidad de personas que acceden a las estaciones en bicicleta; v) Cantidad de personas con discapacidad que tendrán acceso al sistema; vi) Cantidad de nuevas rutas de transporte público; vii) Mejora en el nivel de la comodidad en la infraestructura de transporte; viii) Impacto en el valor de bienes raíces; ix) Cantidad de empleos directos; x) Cantidad de empleos indirectos; xi) Cantidad de nuevos comercios generados en las zonas de influencia de las estaciones del tren de cercanías.

- Se presentaron los pasos a seguir que son necesarios para contar con las terminales de transferencia: 1) Elaboración de los estudios de preinversión (ITCP y EDTP); 2) Definición del esquema financiero a elegir para la implementación de las terminales; 3) Elección de la forma de administración y el modelo de operación; 4) Diseño e implementación de la estrategia comunicacional y de prevención de conflictos; 5) Licitación de la construcción de la infraestructura del tren de cercanías; 6) Construcción de la infraestructura del Eje Norte; 7) Puesta en marcha e inicio de operaciones del Eje Norte; y 8) Implementación de las siguientes fases del tren de cercanías.

Finalmente, se recomienda impulsar el tren de cercanías con el fin ulterior de mejorar de la movilidad urbana sostenible en la Región Metropolitana de Santa Cruz, logrando una conectividad entre sus municipios y dinamizando la economía, al tiempo de promover la cohesión social y el cuidado del medio ambiente. El conglomerado urbano más poblado del país no puede permitirse seguir creciendo demográficamente, sin contar con un sistema de transporte masivo articulador para el beneficio de su población.