

Maestría en Ingeniería Civil

Metodología para el predimensionamiento físico y operativo de Complejos de Intercambio Modal (CIM) periféricos de pasajeros. Caso CIM Norte Bogotá D.C.

Jairo Eustorgio Ardila Ariza

Bogotá, D.C., 03 de febrero de 2020



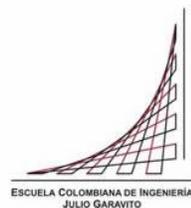
**Metodología para el predimensionamiento físico y operativo de
Complejos de Intercambio Modal (CIM) periféricos de pasajeros.
Caso CIM Norte Bogotá D.C.**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en Tránsito y Transporte**

Mónica Marcela Suarez Pradilla

Director

Bogotá, D.C., 03 de febrero de 2020



La tesis de maestría titulada “Metodología para el predimensionamiento físico y operativo de Complejos de Intercambio Modal (CIM) periféricos de pasajeros. Caso CIM Norte Bogotá D.C.”, presentada por Jairo Eustorgio Ardila Ariza, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.

Director de la tesis

Mónica Marcela Suarez Pradilla

Jurado

Santiago Henao Pérez

Jurado

Maritza Villamizar Roperero

Bogotá, D.C., 30 de enero de 2020

A Gloria Amparo y a mis hijos, sustentos de amor y razón de vivir

Especial agradecimiento a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito por permitirme cursar el programa de Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.

A la ingeniera Mónica Suarez por su acompañamiento y asesoría permanente durante la elaboración del presente trabajo, al ingeniero Jorge Cerdá por sus valiosos aportes, a la ingeniera Maritza Villamizar por su constante apoyo y motivación.

Resumen

El incremento de la población en los núcleos urbanos ha modificado las pautas de movilidad tradicionales. Actualmente, las personas deben realizar muchos viajes de larga longitud dentro de las ciudades y hacia ellas.

De acuerdo con lo anteriormente descrito, es necesario considerar en el proceso de planificación de infraestructura urbana cómo disminuir los tiempos de transbordo o espera que se producen por la intermodalidad de los viajes. Los complejos de intercambio modal (CIM en adelante) son las infraestructuras que responden a estas necesidades porque permiten la conexión eficiente entre diferentes modos de transporte (público, privado, tren de cercanías, autobuses urbanos e interurbanos). Además, generan espacios públicos donde pueden coexistir modos no motorizados como la bicicleta y los peatones y en se pueden integrar diferentes usos de suelo. Finalmente, estas infraestructuras facilitan que los usuarios realicen diferentes actividades en su interior convirtiendo los tiempos de espera en espacios útiles.

El objetivo de esta investigación es proponer una metodología para el predimensionamiento de un CIM, particularmente, se elige como caso de estudio el CIM Norte de Bogotá. Para el desarrollo de la metodología se han utilizado diferentes fuentes de información. La información primaria se ha recolectado de forma rigurosa, en puntos estratégicos y se han utilizado para estimar la oferta y demanda de los diferentes modos a integrar en la infraestructura. La información secundaria se tomó de investigaciones realizadas sobre el tema, artículos científicos, publicaciones estadísticas, datos libres y normas de las entidades públicas y privadas que gestionan la movilidad en la ciudad y trabajos de tesis de maestría y doctorado. La metodología propuesta se estructura en ocho pasos que tienen en cuenta las características físicas y operativas de este tipo de infraestructura y que incluyen: la ubicación en la ciudad, la articulación con el sistema de transporte urbano, la conectividad con el entorno, los modos a integrar y sus variables de oferta y demanda actual y futura, el cálculo de áreas requeridas, planes de circulación vehicular y peatonal, externos e internos y una propuesta arquitectónica.

Los resultados de la aplicación de la metodología propuesta han permitido dimensionar las diferentes áreas que hacen parte del CIM Norte de Bogotá D.C., proponiendo su distribución en la infraestructura y la operación a implementar tanto al interior como al exterior.

Palabras clave: Modos de transporte urbano e interurbano de pasajeros, transbordos, intercambiador modal de pasajeros, complejo de intercambio modal, servicios asociados al transporte de pasajeros, servicios no asociados a transporte de pasajeros.

Índice General

Capítulo 1 Marco teórico	19
1.1 Elementos básicos para el diseño de Complejos de Intercambio Modal (CIM), Referentes internacionales y caso de estudio.	20
1.1.1 Proyectos de estaciones de intercambio modal de referencia	24
1.1.2 Complejos de Intercambio Modal (CIM) – Bogotá D.C.	38
Capítulo 2 Fuentes de información y metodología para el predimensionamiento de Complejos de Intercambio Modal (CIM)	47
2.1 Análisis de ubicación actual.	51
2.2 Análisis de conectividad actual.	51
2.3 Definición de modos a integrar, fuentes de información y cálculo de la demanda actual.	51
2.4 Proyección de demandas.	53
2.5 Análisis de conectividad futura.	59
2.6 Cálculo de áreas requeridas para servicios asociados al transporte.	60
2.7 Predimensionamiento operativo.	60
2.8 Predimensionamiento físico.	60
Capítulo 3 Caso de estudio Intercambio Modal del Norte Bogotá D.C. -CIM Norte-	64
3.1 Análisis de ubicación y conectividad	64
3.1.1 Análisis de información sobre propuestas del POZ Norte “Ciudad Lagos de Torca”	64
3.2 Modos a integrar y definición de infraestructuras modelo	77
3.2.1 Modos a integrar en el CIM Norte de Bogotá D.C.	77
3.2.2 Infraestructuras modelo para el cálculo de la demanda actual	82
3.3 Caracterización de la demanda y la oferta actual por modo.	83
3.3.1 Movilización de pasajeros en el Portal Norte de Transmilenio.	83
3.3.2 Sistema de transporte intermunicipal de medio y largo recorrido.	96
3.3.3 Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)	97
3.3.4 Usuarios de bicicleta	98
3.3.5 Caminata	100
3.3.6 Consolidación de información sobre demanda y oferta actual para los diferentes modos a integrar en el CIM Norte.	101
3.4 Estimación de la demanda de pasajeros y la oferta de vehículos por modo para el CIM Norte al periodo de diseño	110

3.4.1	Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de rutas alimentadoras y de unidades articuladas de Transmilenio y oferta estimada.	110
3.4.2	Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de municipios vecinos y oferta estimada	116
3.4.3	Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de rutas del SITP y oferta estimada	120
3.4.4	Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de rutas intermunicipales de media y larga distancia y oferta estimada	121
3.4.5	Cálculo del potencial de pasajeros provenientes del modo bicicleta y caminata.	123
3.5	Predimensionamiento del funcionamiento operativo a implementar en el CIM Norte.	125
3.5.1	Propuesta de conectividad externa	125
3.5.2	Plan de circulación interna	128
3.5.3	Establecimiento del número de puntos de abordaje y desembarco para los diferentes modos a integrar.	140
3.5.4	Establecimiento de áreas requeridas en plataformas para atención de usuarios y zonas de circulación.	141
3.6	Planteamiento de alternativas arquitectónicas CIM Norte.	144
3.6.1	Ubicación de plataformas de abordaje y desembarco	146
3.6.2	Ubicación de taquillas	150
3.6.3	Zonas de tránsito peatonal	151
3.6.4	Plan de circulación interior	152
3.6.5	Zonas de servicios asociados al transporte	152
3.6.6	Zonas de servicios no asociadas al transporte	152
3.7	Síntesis y propuesta general	152
Capítulo 4	Conclusiones	154
Capítulo 5	Referencias Bibliográficas	156

Índice de figuras

Figura 1. Elementos y actores en un Complejo de Intercambio Modal.....	21
Figura 2. Tipologías de Intercambiadores de Transporte de acuerdo con el tipo de estructura urbana y su situación en ella.....	24
Figura 3. Vista interior Estación de Intercambio Moncloa – Madrid - España.....	25
Figura 4. Perfil longitudinal Estación de Intercambio Moncloa – Madrid - España.....	26
Figura 5. Nivel superficie Estación de Intercambio Moncloa	27
Figura 6. Nivel entreplanta Estación de Intercambio Moncloa.....	28
Figura 7. Nivel -1 Interurbanos Estación de Intercambio Moncloa.....	29
Figura 8. Distribución de sitios de parada (dársenas) de autobuses en islas del Nivel -1 Autobuses.....	30
Figura 9. Nivel Interconexión con Metro Estación de Intercambio Moncloa.....	31
Figura 10. Fachada Estación Gare du Nort - Paris.....	32
Figura 11. Plataforma trenes nacionales internacionales Estación Gare du Nort - Paris..	33
Figura 12. Disposición de los diferentes niveles Estación Gare du Nort - Paris.....	33
Figura 13. Fachada Stuttgart Hauptbahnhof	35
Figura 14. Zona de llegada y salida de trenes Stuttgart Haupbahnhof	36
Figura 15. Distribución interna de la primera planta del Stuttgart Hauptbahnhof	36
Figura 16. Accesos peatonales y primer sótano Stuttgart Hauptbahnhof	37
Figura 17. Modos en integración en Subsistemas del Sistema de Intercambiadores Modales de Bogotá D.C. -2006-.....	39
Figura 18. Estrategia de formulación del Plan de Intercambiadores Modales y subsistemas de un Complejo de Intercambio Modal para Bogotá D.C. -2006-.....	40
Figura 19. Propuesta ubicación de Complejos de Intercambio Modal a mediano plazo - PMM 2006-	41
Figura 20. Porcentaje de ocupados de municipios del norte de Bogotá que trabajan en Bogotá D.C.	42
Figura 21. Viajes diarios generados en los municipios vecinos del norte de Bogotá con destino a Bogotá.....	43

Figura 22. Propuesta ubicación del CIM Norte con respecto a Portales del Sistema Transmilenio	45
Figura 23. Diseño metodológico predimensionamiento CIM	50
Figura 24. Ejemplo gráfico de dispersión pasajeros-año	55
Figura 25. Ejemplo modelos de tendencia serie histórica	55
Figura 26. Ejemplo modelos de tendencia futura	58
Figura 27. Ubicación y límites Ciudad Lagos de Torca	65
Figura 28. Principales infraestructuras propuestas Ciudad Lagos de Torca	66
Figura 29. Subsistema de Transporte “Ciudad Lagos de Torca”	67
Figura 30. Ubicación CIM Norte	67
Figura 31. Delimitación Planes Parciales Ciudad Lagos de Torca	69
Figura 32. Planteamiento urbanístico preliminar de Planes Parciales – Ciudad Lagos de Torca	70
Figura 33. Viviendas ofrecidas por tipo y Plan Parcial POZ Norte – Febrero de 2019.....	71
Figura 34. Habitantes totales y por Plan Parcial – POZ Norte – Febrero de 2019.....	72
Figura 35. Ubicación CIM Norte	73
Figura 36. Esquema de cuencas y corredores de un intercambiador modal periférico.....	73
Figura 37. Cobertura del servicio de alimentadores para los portales de Transmilenio	74
Figura 38. Área de influencia directa CIM Norte.....	75
Figura 39. Áreas de influencia CIM Norte Bogotá	76
Figura 40. Vehículo alimentador Sistema Transmilenio	77
Figura 41. Vehículo articulado Sistema Transmilenio.....	78
Figura 42. Vehículo intermunicipal de corto recorrido	79
Figura 43. Buses intermunicipales de medio y largo recorrido	80
Figura 44. Vehículo SITP	80
Figura 45. Biciparqueadero Portal Américas - Transmilenio.....	81
Figura 46. Usuarios ingresando al Portal Norte a pie	82
Figura 47. Puntos de recolección de información Portal Norte – Transmilenio.....	83

Figura 48. Usuarios de vehículos alimentadores que ingresan y salen del Portal Norte día jueves	84
Figura 49. Usuarios de vehículos alimentadores que ingresan y salen del portal norte día sábado.....	85
Figura 50. Usuarios de vehículos alimentadores que ingresan y salen del portal norte día domingo.....	86
Figura 51. Unidades transportadoras de vehículos alimentadores en el Portal Norte día jueves	87
Figura 52. Usuarios de vehículos articulados que ingresan y salen del Portal Norte día jueves	88
Figura 53. Unidades transportadoras de vehículos articulados en el Portal Norte día jueves	89
Figura 54. Ubicación de municipios servidos con el servicio de intermunicipales de corto recorrido	91
Figura 55. Usuarios de vehículos intermunicipales que ingresan al Portal Norte y salen del Portal Norte y en vía, día jueves	92
Figura 56. Unidades transportadoras de vehículos intermunicipales en el Portal Norte día jueves	93
Figura 57. Sistema Transmilenio.....	94
Figura 58. Llegadas totales de pasajeros al Portal Norte día jueves	94
Figura 59. Salidas totales de pasajeros del Portal Norte día jueves.....	95
Figura 60. Usuarios totales ingresando y saliendo del Portal Norte día jueves	96
Figura 61. Usuarios llegando y saliendo del Portal Norte en vehículos del SITP. Día típico	98
Figura 62. Rotación ciclousuarios en cicloparqueadero Portal Américas día jueves	99
Figura 63. Volumen horario de ciclousuarios Portal Américas día jueves	100
Figura 64. Usuarios en modo a pie Portal Norte día jueves	101
Figura 65. Demanda diaria de pasajeros por modo y maniobra para el CIM Norte	103
Figura 66. Reparto modal de la demanda diaria para el CIM Norte.....	103
Figura 67. Oferta diaria actual por modo para el CIM Norte	104
Figura 68. Reparto modal diario actual para el CIM Norte	104

Figura 69. Usuarios ingresando y saliendo en los modos a pie, SITP y bicicleta, diarios CIM Norte	105
Figura 70. Demanda actual por maniobra y modo en la Hora de Máxima Demanda - CIM Norte-	106
Figura 71. Reparto modal de la demanda en la HMD - CIM Norte-	106
Figura 72. Unidades transportadoras por modo y maniobra en la HMD - CIM Norte-	107
Figura 73. Reparto modal de la oferta en la HMD - CIM Norte-.....	108
Figura 74. Usuarios ingresando y saliendo en modo caminata HMD	108
Figura 75. Histórico demanda anual de pasajeros BRT Transmilenio S.A.	111
Figura 76. Análisis de correlación por mínimos cuadrados para diferentes modelos	111
Figura 77. Demanda y tasas de crecimiento anuales futuras BRT Bogotá D.C.....	113
Figura 78. Estimación de demanda de pasajeros en modo articulados para los 15 minutos más cargados	115
Figura 79. Estimación de demanda de pasajeros en modo alimentadores para los 15 minutos más cargados.....	115
Figura 80. Evolución de la población agregada en los municipios de la provincia Sabana Centro 2011-2017.....	117
Figura 81. Población y tasas de crecimiento anuales futuras para la provincia de Sabana Centro.....	118
Figura 82. Estimación de demanda de pasajeros en modo intermunicipal de corto recorrido para los 15 minutos más cargados	119
Figura 83. Estimación de demanda de pasajeros saliendo de Bogotá en modo intermunicipal de medio y largo recorrido para la HMD.....	122
Figura 84. Direccionalidad de flujos vehiculares de entrada y salida de Bogotá D.C. – Corredor Norte.....	122
Figura 85. Planteamiento conectividad externa CIM Norte.....	126
Figura 86. Conexiones a desnivel para integración de servicios troncales.....	127
Figura 87. Planta nivel sótano con circulación vehicular y peatonal.....	129
Figura 88. Operaciones en sótano CIM Norte Bogotá D.C.....	131
Figura 89. Planta a nivel del terreno con circulación vehicular y peatonal.....	132
Figura 90. Operación planta a nivel del terreno CIM Norte Bogotá D.C.	133

Figura 91. Planta segundo piso con circulación peatonal.....	136
Figura 92. Operación planta segundo CIM Norte de Bogotá D.C.....	137
Figura 93. Planteamiento CIM Norte Bogotá D.C.....	139
Figura 94. Plataformas de desembarque y abordaje servicios troncales (Módulo Norte – Sótano).....	146
Figura 95. Plataformas de desembarque y abordaje Alimentadores e Intermunicipales de Corto Recorrido (Módulo Norte – A nivel)	147
Figura 96. Área para servicios Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido	148
Figura 97. Integración del SITP y accesos peatonales principales.....	149
Figura 98. Ubicación de taquillas	150
Figura 99. Zonas de circulación peatonal.....	151

Índice de cuadros

Cuadro 1. Tipologías de Intercambiadores de Transporte de acuerdo con su posición respecto a la ciudad.....	23
Cuadro 2. Relación de bases de datos empleadas	47
Cuadro 3. Demanda anual hipotética para ejemplo	54
Cuadro 4. Fuentes consultadas	61
Cuadro 5. Límites POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca – Bogotá D.C.....	65
Cuadro 6. Cálculo Indicadores de movilización de pasajeros para el modo intermunicipales de medio y largo recorrido – corredor Norte – año 2019.....	97
Cuadro 7. Demanda actual por modo	101
Cuadro 8. Demanda actual por modo en el periodo de 15 minutos más cargado.	109
Cuadro 9. Cálculo de demanda y tasas de crecimiento anuales BRT Bogotá D.C.....	112
Cuadro 10. Demanda de pasajeros llegando y saliendo en los 15 minutos más cargados – modo alimentadores y articulados -	114
Cuadro 11. Demanda y oferta actual y proyectada para los modos alimentador y troncal CIM Norte.	116
Cuadro 12. Cálculo de población y tasas de crecimiento anuales provincia Sabana Centro	117
Cuadro 13. Demanda de pasajeros llegando y saliendo en los 15 minutos más cargados – modo transporte intermunicipal de corto recorrido -	118
Cuadro 14. Demanda y oferta actual y proyectada para el modo Intermunicipal de Corto Recorrido CIM Norte.....	120
Cuadro 15. Población estimada y tasas de crecimiento anual para Bogotá D.C.	120
Cuadro 16. Demanda y oferta actual y proyectada para el modo SITP CIM Norte.....	121
Cuadro 17. Demanda y oferta actual y proyectada para el servicio de Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido CIM Norte.....	123
Cuadro 18. Demanda y oferta actual y proyectada para el modo bicicleta CIM Norte.	123
Cuadro 19. Usuarios actuales y futuros llegando y saliendo por las puertas de acceso CIM Norte.....	124
Cuadro 20. Demanda y oferta actual y futura para el periodo de 15 minutos más cargado por modo CIM Norte.	124

Cuadro 21. Permanencia de unidades transportadoras por modo y maniobra	140
Cuadro 22. Dársenas a ofrecer por modo y maniobra.....	141
Cuadro 23. Nivel de servicio para zonas de espera de peatones.....	142
Cuadro 24. Áreas requeridas en plataformas de abordaje y desembarque por modo....	142
Cuadro 25. Nivel de servicio para infraestructuras peatonales de flujo continuo	143
Cuadro 26. Niveles de servicio para zonas de circulación peatonal CIM Norte Bogotá D.C.	144

Introducción

A nivel mundial, las características de la movilidad de pasajeros urbana e interurbana se tornan complejas debido al crecimiento sostenido de la población, así como al crecimiento de los núcleos urbanos lo que implica usar diferentes modos de transporte para realizar un viaje. Además, se deben realizar diferentes transbordos y transferencias que generalmente incrementan el tiempo de viaje afectando la productividad de los usuarios.

De acuerdo con el informe del Departamento de Asuntos Económico y Sociales de la Organización de las Naciones Unidas de 2012, para 2050 el 86% de la población mundial de las regiones desarrolladas vivirán en zonas urbanas. Así que una buena definición de ciudad es la propuesta por Neirrotti, 2013, *“Las ciudades de hoy son sistemas complejos, con un gran número de ciudadanos, empresas, modos de transporte, servicios interconectados y utilidades”*.

Particularmente para Bogotá D.C., el documento Conpes (Consejo Nacional de Política Económica y Social) No. 3900-2017 denominado *“Apoyo del Gobierno Nacional al sistema de transporte público de Bogotá y declaratoria de importancia estratégica del proyecto primera línea de metro-tramo 1”*, destaca que una consecuencia del incremento de la movilidad en Bogotá es que: *“ Los tiempos de viaje en Transporte Público Colectivo y en SITP aumentaron en promedio 3 minutos por viaje, lo que en total constituye una pérdida de productividad para la ciudad y los usuarios”*

Las dinámicas del transporte urbano generadas por las necesidades de los usuarios, exigen que existan nodos o puntos de transferencia para hacer cambios de ruta. Estos puntos en la literatura reciben diferentes denominaciones (estación, paradero, estación de transferencia, terminal, etc.), y en ellos el usuario realiza el transbordo ya sea en el mismo modo o hacia un modo diferente. En los últimos años, este tipo de infraestructura ha cobrado mayor relevancia en los centros urbanos densamente poblados y recibe el nombre de infraestructuras de Intercambio Modal (IM). Una clase especial de las infraestructuras de Intercambio Modal son los Complejos de Intercambio Modal (CIM), sitios en donde además de prestarse el servicio de transbordo entre los diferentes modos de transporte de pasajeros se dispone de áreas en donde se implementan además de servicios asociados al transporte como patio garajes y zonas de mantenimiento otros usos de suelo no asociados al transporte como: centros comerciales, zonas de estancia, establecimientos bancarios, etc.

Estas infraestructuras buscan que los usuarios aprovechen el tiempo empleado en transportarse, para realizar otras actividades de conveniencia simultáneamente y satisfacer otras necesidades que contribuyen a mejorar la salud, esparcimiento, condiciones recreativas y en general mejorar su la calidad de vida.

Las infraestructuras de Intercambio Modal (IM) pueden estar ubicadas al interior de los centros urbanos, en su periferia o alejados de ellos, A su vez, presentan diferentes niveles de articulación con el sistema de transporte urbano de la ciudad.

Para la ciudad de Bogotá D.C., el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del año 2004 plantea, dentro de sus objetivos, la generación de un sistema de movilidad con integración regional. Por ello, el Plan Maestro de Movilidad (PMM) de la ciudad define dentro del Plan de Intercambiadores Modales (PIM), la ubicación de seis (6) Complejos de Intercambio Modal (CIM). Particularmente para la zona norte de la ciudad se definió el Complejo de Intercambio Modal del Norte (CIM Norte) cuyo objetivo es integrar la ciudad con los municipios vecinos y con la zona norte del país. Esta infraestructura tiene carácter prioritario dentro de las políticas de transporte de la ciudad y ha sido incluida dentro del Subsistema de Transporte del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte – Ciudad Lagos de Torca, cuyos lineamientos fueron adoptados por la administración municipal en el año 2017 y actualmente se encuentran en desarrollo.

A partir de lo anteriormente expuesto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué Características físicas y operativas debe tener el Complejo de Intercambio Modal –CIM- planteado en el Plan de Ordenamiento Zonal Norte – “Ciudad Lagos de Torca”, para satisfacer las necesidades de los usuarios de transporte público del sector, de los municipios aledaños y de la zona norte del país?

El *objetivo principal* de este trabajo, elaborado como requisito para la obtención del título de la Maestría en Ingeniería Civil, con énfasis en Tránsito y Transporte de la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”, consiste en proponer una metodología que permita el predimensionamiento físico y operativo del Complejo de Intercambio Modal Norte (CIM Norte) de la ciudad de Bogotá D.C., y se pueda utilizar para dimensionar Complejos de Intercambio Modal (CIM) con características similares de ubicación y procesos de articulación con el sistema de transporte urbano.

Para la elaboración de este trabajo se emplea revisión documental, así como recolección de información primaria y secundaria. Este trabajo se inscribe en las líneas de investigación de planificación urbana, infraestructura de transporte y tránsito y transporte, del Centro de Investigación en Vías y Transporte de la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”.

La hipótesis de partida considera que, el adecuado dimensionamiento de los *complejos de intercambio modal* (CIM) potencia la integración de todos los modos de transporte e inciden de manera más eficaz en la mejora de la calidad de vida de los usuarios porque contribuye a disminuir los tiempos de transbordo y además ofrece una gran variedad de servicios.

El desarrollo del trabajo se encuentra organizado en cuatro (4) capítulos adicionales a la presente introducción.

El primer capítulo contiene el marco teórico, en donde se hace un recuento de los criterios de diseño a tener en cuenta según investigaciones previas, se presentan infraestructuras de similares características existentes en otros países y se analiza lo planteado en el Plan de ordenamiento Zonal del Norte de Bogotá D.C.

El segundo capítulo presenta las fuentes de información y la metodología para el predimensionamiento de Complejos de Intercambio Modal.

En el tercer capítulo se aplica la metodología propuesta al predimensionamiento físico y operativo del Complejo de Intercambio Modal del Norte de Bogotá D.C. de acuerdo a lo planteado en el capítulo precedente.

En el cuarto y último capítulo se incluyen las conclusiones en cuanto a los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo.

Los resultados obtenidos permiten dimensionar de manera preliminar las diferentes áreas de infraestructuras tipo Complejos de Intercambio Modal para atención de los usuarios del servicio transporte público de pasajeros urbano e interurbano y se encuentran organizados para cada una de las locaciones necesarias.

Se espera que la metodología propuesta y los resultados obtenidos sirvan de punto de partida a los profesionales involucrados en la conceptualización y diseño de infraestructuras de transporte, específicamente CIM. Además, contribuya a desarrollar futuros proyectos en la etapa de factibilidad y de diseños definitivos, así como, sirva para realizar análisis de los efectos territoriales de este tipo de infraestructuras.

Capítulo 1 Marco teórico

Díaz (2011) cita, *“Terzis, recopila y sintetiza las investigaciones realizadas en Europa sobre los intercambiadores, y establece que la definición de “Interchange” es en ocasiones confusa, por tratarse de un término que encierra dos significados: el primero hace referencia a la acción de intercambio que realizan los pasajeros como parte de su viaje (transferencia), y el segundo se refiere al lugar donde ese intercambio se da. En tal sentido, una red de transporte público, por pequeña que sea, ofrece un gran número de lugares donde es posible realizar ese intercambio (paradas de bus con diferentes rutas, por ejemplo), aunque no son muchos los pasajeros que lo realicen. Por tanto, se especifica que el Transport Interchange es aquel lugar donde se encuentran diferentes modos de transporte y donde una cantidad mayor de pasajeros realizan el intercambio entre los modos presentes.”*

Siguiendo con la definición de “intercambiador de transporte”, la misma autora incluye: *“En castellano, el término “intercambiador de transporte” es usado para designar un lugar donde se articulan varias redes, sean de un mismo modo o de diferentes modos de transporte, es decir, el sitio donde se articulan, por ejemplo, líneas de tren, de autobuses, aéreas, etc. También se utilizan términos como intercambiador modal, estación de transporte o terminal de transporte, principalmente. En este mismo sentido, el Plan Maestro de Movilidad para la ciudad de Bogotá adopta la definición de intercambiador modal, como: “lugar de intercambio entre diversos modos de transporte. Centro de generación y atracción de actividades y servicios públicos y privados en el que confluyen autobuses urbanos e interurbanos, taxis, automóviles, personas con movilidad reducida, peatones y ciclistas”.*

Ahora bien, según el documento *“La integración: un desafío para el transporte público”* de la International Association of Public Transport -UITP-. (2013): *“el tiempo empleado en la espera de un transbordo no sólo lo percibe el usuario como una pérdida de tiempo, sino además como el doble del tiempo que se pasa en los vehículos. Los transbordos se sienten como verdaderas interrupciones del desplazamiento, potenciales generadores de diversos contratiempos”*, que pueden disuadir al usuario del uso del transporte público prefiriendo el vehículo particular ya sea auto o motocicleta. En general, todo desplazamiento necesita el paso por un punto de intercambio, si se tiene en cuenta el trayecto que es necesario andar para llegar a la red de transporte público y salir de ella. Un porcentaje muy alto de los usuarios de transporte público pasan por varios puntos de intercambio diariamente. Es por ello que, la calidad de éstos, es un factor decisivo en la elección del modo de transporte.

De acuerdo a esta última publicación, *“Es esencial optimizar los intercambiadores entre los diferentes modos de transporte con el objetivo de hacerlos más funcionales y agradables. Se les puede considerar como puntos de convergencia dentro del entorno urbano, cada uno de ellos representa un caso único, caracterizado por unas*

oportunidades y unas limitaciones locales, que necesita un trabajo de planificación en profundidad.”

Este concepto cobra más valor si dentro de la integración modal se consideran los modos de transporte interurbano de corto, medio y largo recorrido, especialmente los dos (2) últimos, como es el caso del Complejo de Intercambio Modal Norte planteado en Bogotá D.C., dado que el tiempo de permanencia en la infraestructura de estos usuarios es mayor. Es por esto que la movilidad y la facilidad de moverse en el interior de los intercambiadores, son elementos a tener en cuenta en su diseño, pero también hay aspectos más subjetivos del entorno y la infraestructura que juegan un papel importante. Los usuarios deben experimentar confort durante el tiempo de espera y eso incluye además elementos arquitectónicos como diseños amplios, áreas de espera cómodas y ofrecimiento de servicios no asociados al transporte como centros comerciales, áreas de esparcimiento, etc.

Al respecto y como complemento a la definición dada por el Plan Maestro de Movilidad de Bogotá (Decreto Distrital 319 de 2006) para un Intercambiador de Transporte (IM), se adopta el término de Complejo de Intercambio Modal (CIM) como: *“Instalación de múltiple uso en donde los usuarios del transporte público colectivo intercambian de modo de transporte. El complejo de integración modal podrá estar complementado con instalaciones comerciales.”*, siendo reforzado en la norma que adopta los lineamientos del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte – Ciudad Lagos de Torca – (Decreto Distrital 088 de 2017), en donde se establece: *“En el Complejo de Intercambio Modal (CIM) Norte y en los Patios Portal del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) se podrán desarrollar como usos complementarios comercio y servicios.”*

Es en este contexto donde se enmarca el objetivo este trabajo de investigación que busca desarrollar una metodología que permita predimensionar física y operativamente un Complejo de Intercambio Modal (CIM) que considere las características del CIM Norte de la ciudad de Bogotá D.C., de forma tal que el paso por la infraestructura sea provechoso en tiempo, economía y oportunidad, ofertando, además de una adecuada transferencia modal, servicios, equipamientos y adquisición de bienes de consumo cotidiano, agregando “valor” a los recorridos y repercutiendo en mejoras en la calidad de vida de los usuarios.

En los numerales subsiguientes se hace referencia a los elementos básicos de diseño para este tipo de infraestructuras, referentes internacionales y análisis preliminar del caso de estudio del CIM Norte de Bogotá D.C.

1.1 Elementos básicos para el diseño de Complejos de Intercambio Modal (CIM), Referentes internacionales y caso de estudio.

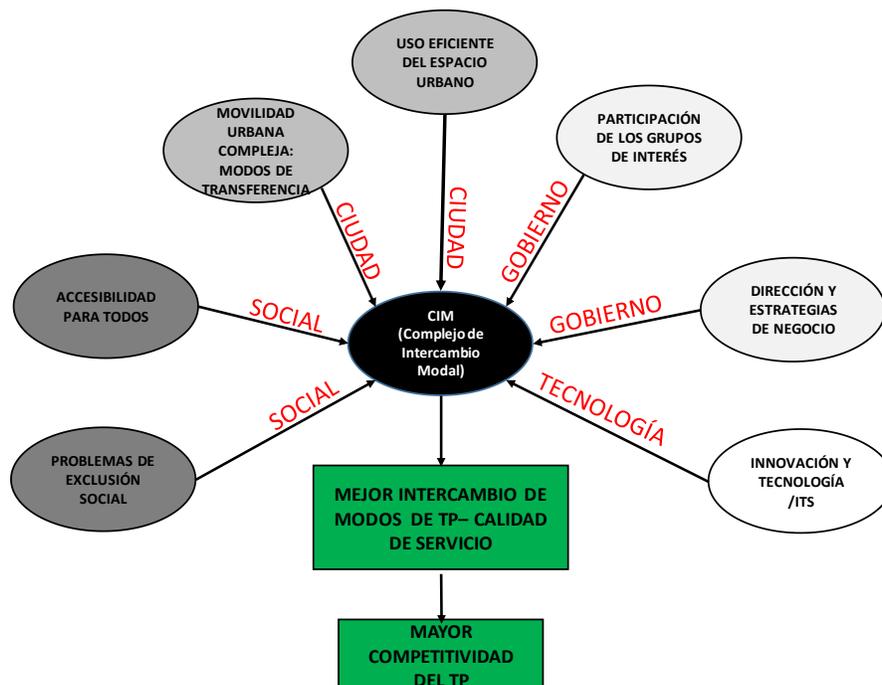
El diseño de un Complejo de Intercambio Modal (CIM) debe considerar características de funcionalidad, accesibilidad, comodidad y seguridad. En principio, la localización de la infraestructura deberá tener en cuenta su conectividad con la malla vial por donde

transitan los vehículos de transporte público, así como con la zona de influencia directa, posibilitando el acceso seguro de modos no motorizados (caminata y bicicleta). La segunda característica es expresada por Wright: “Como en todos los espacios públicos de la ciudad, cuando la gente se encuentra o espera se emprenden una variedad de actividades que incluyen compras, alimentación, relajación o socialización” (Wright & Hook, 2010, p.404), refiriéndose a la combinación de etapas del viaje con el espacio en que se pueden realizar actividades como un “valor añadido” y destaca los servicios más solicitados por las personas: agua, comida, supermercados, farmacias, ropa y telecomunicaciones.

Por ello, es importante reconocer que el transporte se encuentra relacionado con actividades cotidianas realizadas por las personas. Existen patrones de movilidad que se relacionan con el consumo, sin embargo, es preciso involucrar actividades que signifiquen en un aumento de calidad de vida para los usuarios del transporte público. En los CIM se precisa reunir actividades cotidianas, pero también las personas pueden crecer en su aspecto humano y social, se trata de mezclar en el viaje en transporte público actividades cotidianas y significativas que se traduzcan en mejor calidad de vida para los usuarios.

De acuerdo al proyecto City-HUB financiado por la Unión Europea, en el diseño de los Complejos de Intercambio Modal deben tenerse en cuenta diferentes elementos y actores que afectan la calidad del servicio; de su correcta integración dependerá el éxito del proyecto. La siguiente figura, adaptada del proyecto City-HUB, resume los elementos a tener en cuenta y los actores involucrados.

Figura 1. Elementos y actores en un Complejo de Intercambio Modal



Fuente: Elaboración propia a partir de City-HUBs Book

A su vez; Kittelson & Associates (2003) definen terminales intermodales *“como una variedad de estaciones y terminales que proporcionan transferencias clave entre los modos de transporte público. Tales instalaciones pueden tener una variedad de servicios y conexiones, incluyendo estacionamiento, gota - fuera, compra de billetes y puestos de información, y podrá estar integrado en compras al por menor, los servicios y el entretenimiento”*, definición que se adapta en un todo a los Complejos de Intercambio Modal (CIM) planteados en este trabajo.

Los principales componentes de estos CIM son:

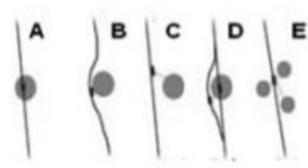
- Estación del servicio de transporte Intermunicipal
- Estación del servicio de transporte masivo urbano (BRT-Metro)
- Estación del servicio de transporte público colectivo urbano
- Estación del servicio de trenes de cercanías
- Estación del servicio de tranvía urbano
- Estacionamientos para automóviles privados
- Biciparqueaderos
- Áreas para servicios asociados al transporte (taquillas, torniquetes, recargas)
- Áreas para servicios no asociados al transporte (comercios, bancos, restaurantes, cafeterías)
- Áreas de paso y espera cómodas para los usuarios.
- Servicios sanitarios

Incluso, algunas infraestructuras incluyen hoteles para el servicio a pasajeros que cubren grandes trayectos.

La característica principal de los CIM es que fusionan actividades relacionadas con el viaje a actividades no relacionadas con el viaje pero que permiten a los usuarios satisfacer necesidades como diligencias bancarias, compra de artículos de primera necesidad, tomar alimentos, etc., todo esto en áreas cómodas y suficientes. Esta característica de los CIM mejora la calidad de vida de los usuarios y genera percepción de aprovechamiento del tiempo en los transbordos o intercambios. De acuerdo a Gómez (2016) *“La cuestión es lograr articular las diferentes opciones de movilidad, no solo para integrar el transporte público y generar un sistema intermodal eficiente, sino también para generar alternativas cualitativas de uso del tiempo en actividades que ofrezcan una mejor calidad de vida para la población.”*

En el cuadro 1 se aprecia diferentes tipologías de intercambiadores propuestas de acuerdo con su posición respecto a la ciudad, como muestran Díaz y De Ureña (2010).

Cuadro 1. Tipologías de Intercambiadores de Transporte de acuerdo con su posición respecto a la ciudad.

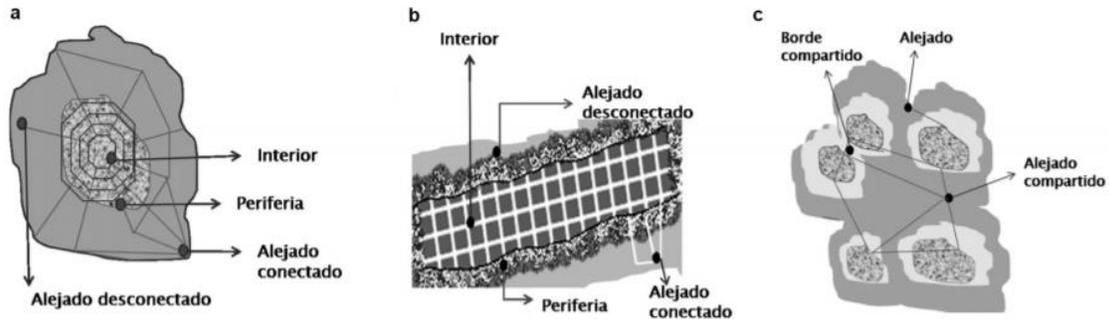
PROPUESTA POR:	TIPOLOGÍA
Lambooy, 1994	<ul style="list-style-type: none"> - Centro principal de la ciudad con metro - Centro de una ciudad de mediano tamaño con fuertes funciones regionales - Localización extra-urbana - Borde de la ciudad - Centro de una ciudad pequeña - Estaciones en municipios de <i>gran commuting</i>
Grebert, et al. 1999	<ul style="list-style-type: none"> - En el medio urbano continuo - En el medio rural - En el límite entre lo urbano y lo rural
Said, et al., 2001	<ul style="list-style-type: none"> - Con fuerte centralidad - De barrio residencial - Periférica y/o intercomunal
Ribalaygua, 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Periférica aislada - Central - Periférica conectada
Menerault, 2006	<ul style="list-style-type: none"> - Centro - Periferia
Menéndez, et al., 2006	<p>Tipología definida de acuerdo con el análisis previo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Central (A) - En el borde (B) - En las afueras (C) - Duplicada (D) - Compartida (E)  <p>Tipología simplificada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cerca al centro de la ciudad (Central) - A mayor distancia del núcleo urbano (Lejana) - Localización intermedia (en el Borde)

Fuente: Tomado de Díaz y Ureña (2010)

En cuanto a la “*Situación del intercambiador respecto a la ciudad y articulación a su proyecto urbano*”, Díaz y de Ureña (2010) mencionan que “*las tipologías encontradas coinciden, en su mayoría, en establecer tres posibles localizaciones del intercambiador respecto a la ciudad (cerca, lejos, intermedia), aun cuando se refieren a la ciudad no hacen referencia al mismo concepto, es decir, el término «ciudad» se utiliza, para designar, por ejemplo: el área urbanizada, el centro de la ciudad o el núcleo suburbano.*”

La figura a continuación, tomada de Díaz y De Ureña (2010) muestra las diferentes tipologías de Intercambiadores de Transporte, de acuerdo con el tipo de estructura urbana y su situación en ella.

Figura 2. Tipologías de Intercambiadores de Transporte de acuerdo con el tipo de estructura urbana y su situación en ella



Fuente: Tomado de Diaz y Ureña (2010)

Respecto a la forma en que el intercambiador se articula con el proyecto urbano (Barthelemy, Liotard, Guyon, & Bourgeois, 1997) establecen las siguientes categorías:

- Altamente articulado
- Medianamente articulado
- Poco articulado
- Desarticulado

En muchos países del mundo, la implementación de los CIM ha logrado avances significativos, ya que la consolidación de un sistema de transporte que oferte una óptima intercomunicación de las diferentes modalidades de transporte, que no sólo transitan dentro de las ciudades, sino que facilitan la conexión con municipios cercanos, ha desestimulado considerablemente el uso de automóviles.

A continuación, se presentan algunos de los Complejos de Intercambio Modal más representativos a nivel internacional y que pueden ser empleados como referentes para el presente trabajo.

1.1.1 Proyectos de estaciones de intercambio modal de referencia

A nivel internacional se han venido implementando Estaciones de Intercambio Modal que pueden ser tomadas como referentes para el presente estudio. Las estaciones seleccionadas por su similitud con el objeto de investigación del presente trabajo son:

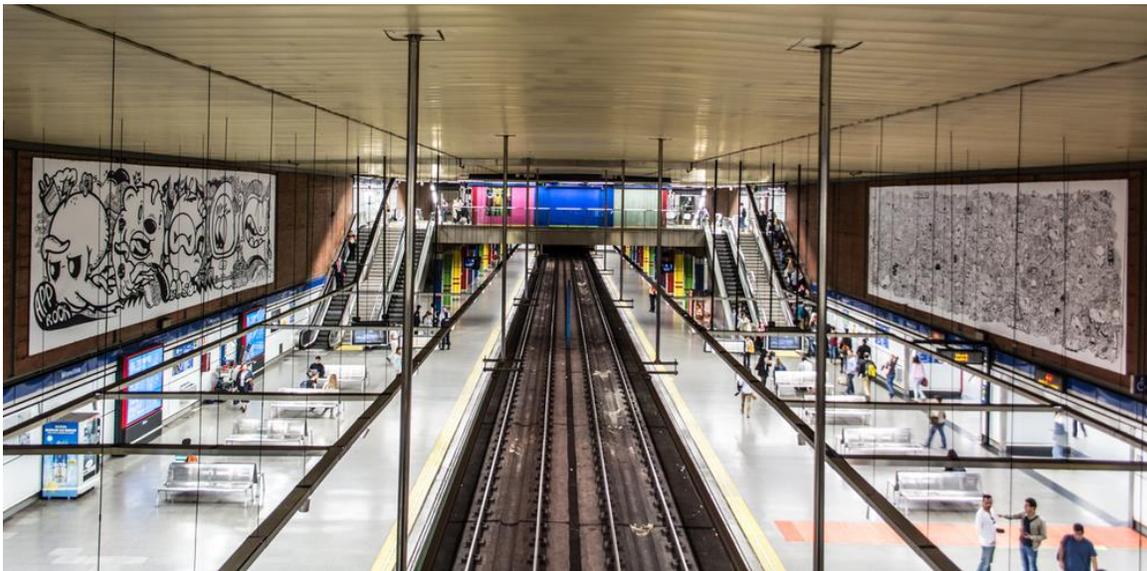
- El intercambiador de Moncloa en Madrid – España
- La estación Gare du Nort en Paris – Francia

- La Estación Central de Stuttgart (Stuttgart Hauptbahnhof) en Stuttgart – Alemania

1.1.1.1 Intercambiador de Moncloa (Madrid – España)

El intercambiador de Moncloa en Madrid (España) es una infraestructura de intercambio modal al que confluyen las líneas 3 y 6 del Metro de Madrid y se integran con una estación subterránea de autobuses. Lleva este nombre por encontrarse bajo la plaza de la Moncloa; allí converge gran parte del transporte interurbano de la zona noroeste de Madrid, y se convierte además en lugar de encuentro de universitarios y estudiantes por la proximidad de la Universidad Complutense.

Figura 3. Vista interior Estación de Intercambio Moncloa – Madrid - España



Fuente: Consorcio Transportes Madrid. www.crtm.es

La Estación de Intercambio de Moncloa fue construida por la Comunidad de Madrid en 1995 en el corredor de la A-6, carretera de la Coruña, con muy buenos resultados desde el punto de vista del incremento de la demanda, de la reducción de la circulación de autobuses en superficie, y de la mejora de los tiempos de recorrido tanto para los usuarios como para las compañías de transporte.

Dados los altos costos que implican la construcción y mantenimiento de la infraestructura se ha costado mediante financiación privada, vía concesión administrativa. El adjudicatario del proceso de selección fue la Concesionaria Intercambiador de Transportes de Moncloa S.A. (ITE-MOSA)

El éxito que ha tenido y que continúa teniendo ha incrementado la demanda en el transporte público del intercambiador, ocupando Moncloa actualmente la primera posición de la red de Metro y de autobuses interurbanos. La oferta ha ido aumentando en los años de vida del intercambiador de 1.603 autobuses en 1995 a más de 4.100 en la actualidad.

Dentro de los objetivos planteados en la fase de planificación del proyecto se destacan:

- Fomentar la utilización del transporte público especialmente de los autobuses interurbanos que sirven en el corredor de la autovía A-6, mediante la generación de un acceso directo, utilizando accesos exclusivos para los autobuses que conectan la citada autovía con el Intercambiador de Transporte, ubicado en Moncloa.
- Mejorar el trasbordo de los viajeros entre los autobuses interurbanos y los usuarios de las líneas 6 y 3 de Metro, minimizando las distancias y los tiempos de recorrido peatonal.
- Disuadir de la utilización del vehículo privado mediante tiempos de viaje más atractivos en autobús, al mejorar el trazado del carril bus y de su conexión con el intercambiador.
- Mejorar la relación de la estación con su inmediato entorno urbano, contribuyendo a su integración en la ciudad y mejorando la capacidad y los tiempos de viaje, espera y trasbordo, así como realizando en subterráneo los movimientos de más de 35 millones de viajeros interurbanos anuales.
- Conseguir un tratamiento de la estación que mejore la accesibilidad, las condiciones de confort del viajero, que concentre en su interior ciertas actividades que potencien su atractivo, como parte de la estrategia de trasbordo de viajeros del transporte individual al colectivo.
- Retirar de la circulación en superficie un flujo de más de 4.000 viajes diarios de vehículos de gran tamaño beneficia notablemente a la circulación del entorno.
- Atender la demanda de viajeros en día laborable: 168.206 usuarios de Metro, 66.750 de buses de EMT y 125.000 de Buses interurbanos.

La Estación de Intercambio se desarrolla en cuatro niveles (tres bajo superficie), cuyo perfil longitudinal se muestra en la figura a continuación.

Figura 4. Perfil longitudinal Estación de Intercambio Moncloa – Madrid - España



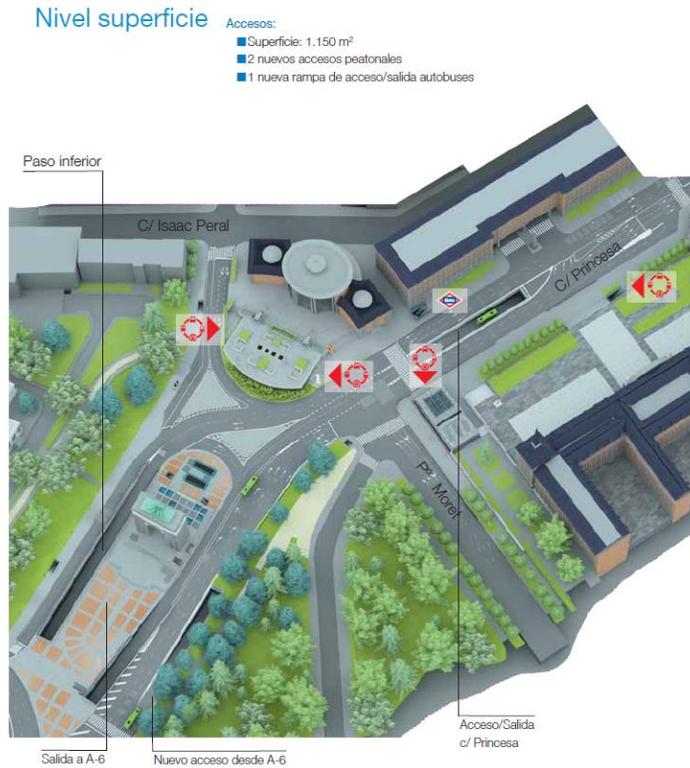
Fuente: Consorcio Transportes Madrid. www.crtm.es

Cada nivel de la infraestructura tiene las siguientes características:

1.1.1.1.1. Nivel de superficie. Accesos

En superficie no se desarrolla actividad de integración de modos. Esta área incluye los accesos peatonales y vehiculares para su integración con el servicio de metro y autobuses en los niveles inferiores.

Figura 5. Nivel superficie Estación de Intercambio Moncloa



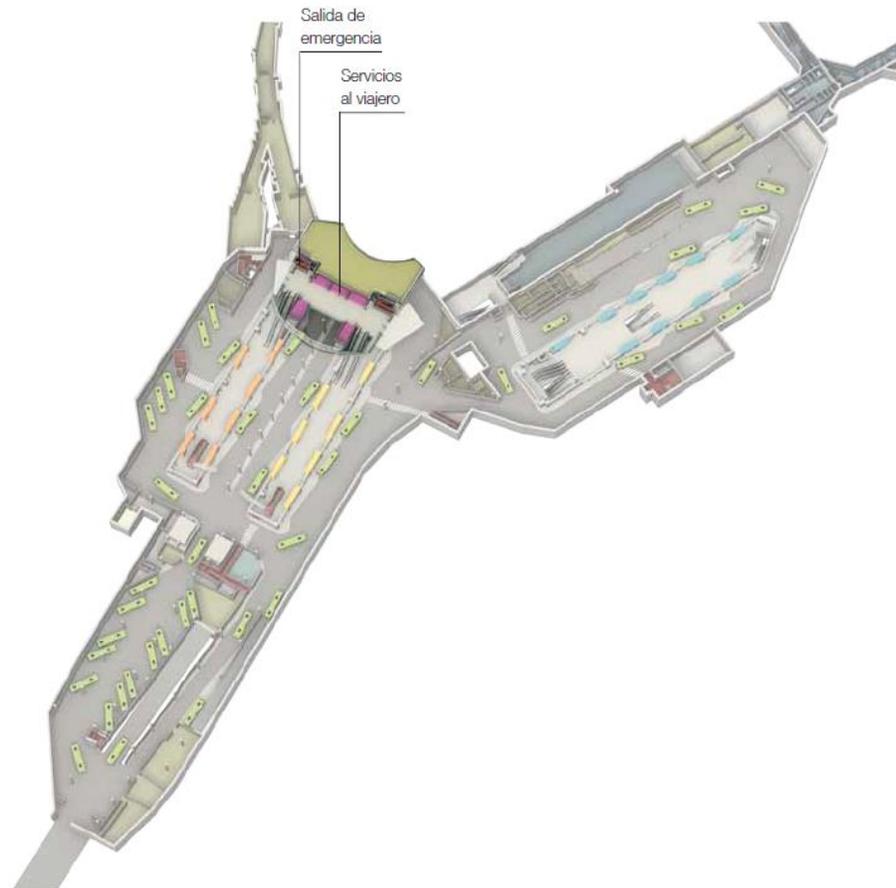
Fuente: Consorcio Transportes Madrid. www.crtm.es

1.1.1.1.2. Nivel de entreplanta (Instalaciones)

El nivel de entreplanta está destinado a la ubicación de equipos de climatización y amortiguación de impactos ambientales, convirtiéndose en una zona de paso de usuarios.

Figura 6. Nivel entreplanta Estación de Intercambio Moncloa

Nivel entreplanta

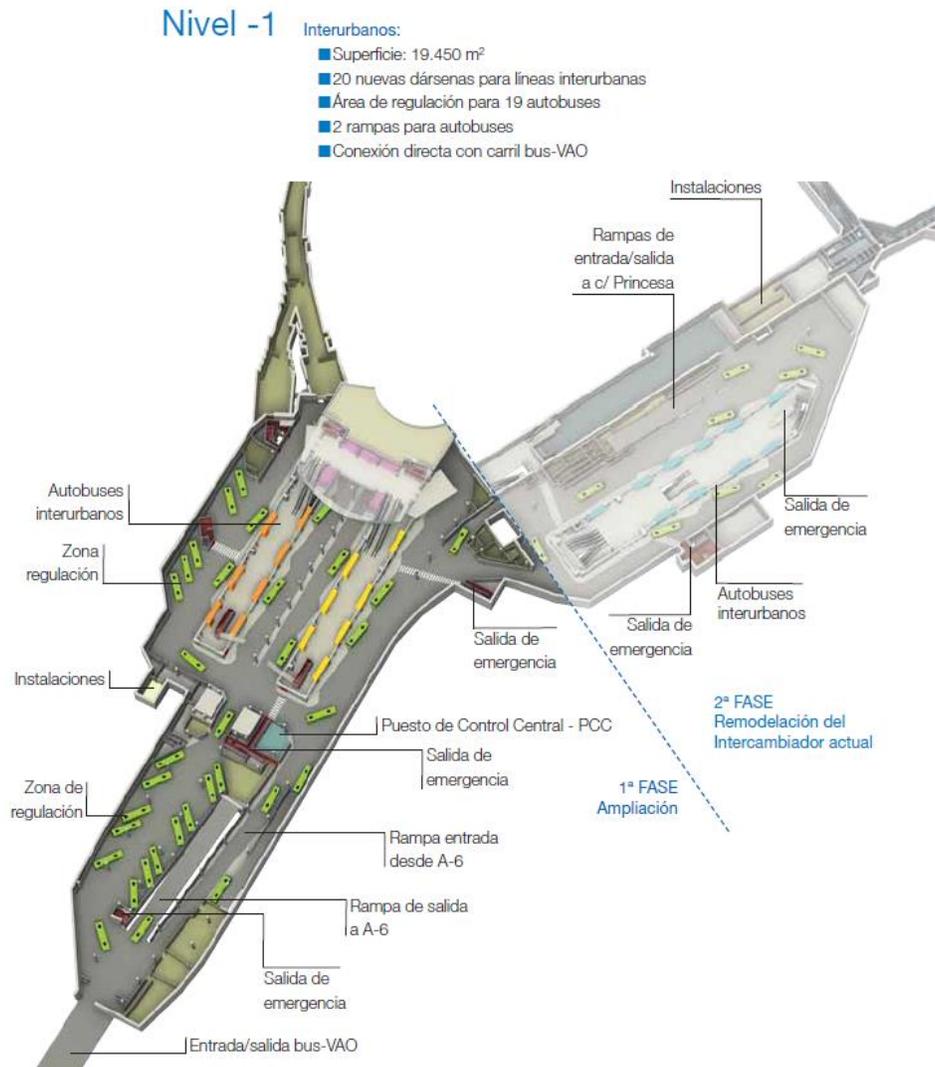


Fuente: Consorcio Transportes Madrid. www.crtm.es

1.1.1.1.3. Nivel de estación de Autobuses

Contiene tres (3) islas para viajeros de 20 m X 110 m en los que se dispone de áreas de paso y áreas de servicios y estancia, área de aparcamiento de regulación de autobuses y zona de circulación de autobuses con una pendiente uniforme de 2.8%. En este nivel también se encuentran instalaciones relacionadas con equipos de electrificación, ventilación de la infraestructura, aislamiento de ruidos y puesto de control central.

Figura 7. Nivel -1 Interurbanos Estación de Intercambio Moncloa

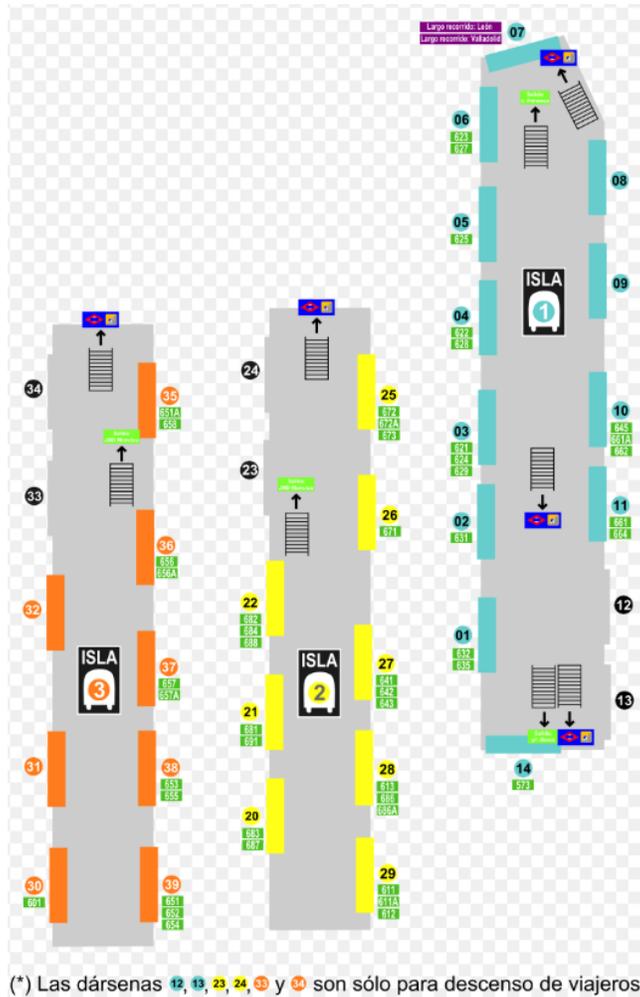


Fuente: Consorcio Transportes Madrid. www.crtm.es

En este nivel se realizan las maniobras de ascenso y descenso de viajeros usuarios de autobuses y se conecta, mediante escaleras y rampas, al nivel inferior para integración con el Metro y al nivel superior a superficie.

La figura a continuación, muestra la disposición de las paradas de los autobuses en las islas, llama la atención que, de las 34 paradas existentes, sólo 6 son para descenso de pasajeros.

Figura 8. Distribución de sitios de parada (dársenas) de autobuses en islas del Nivel -1 Autobuses

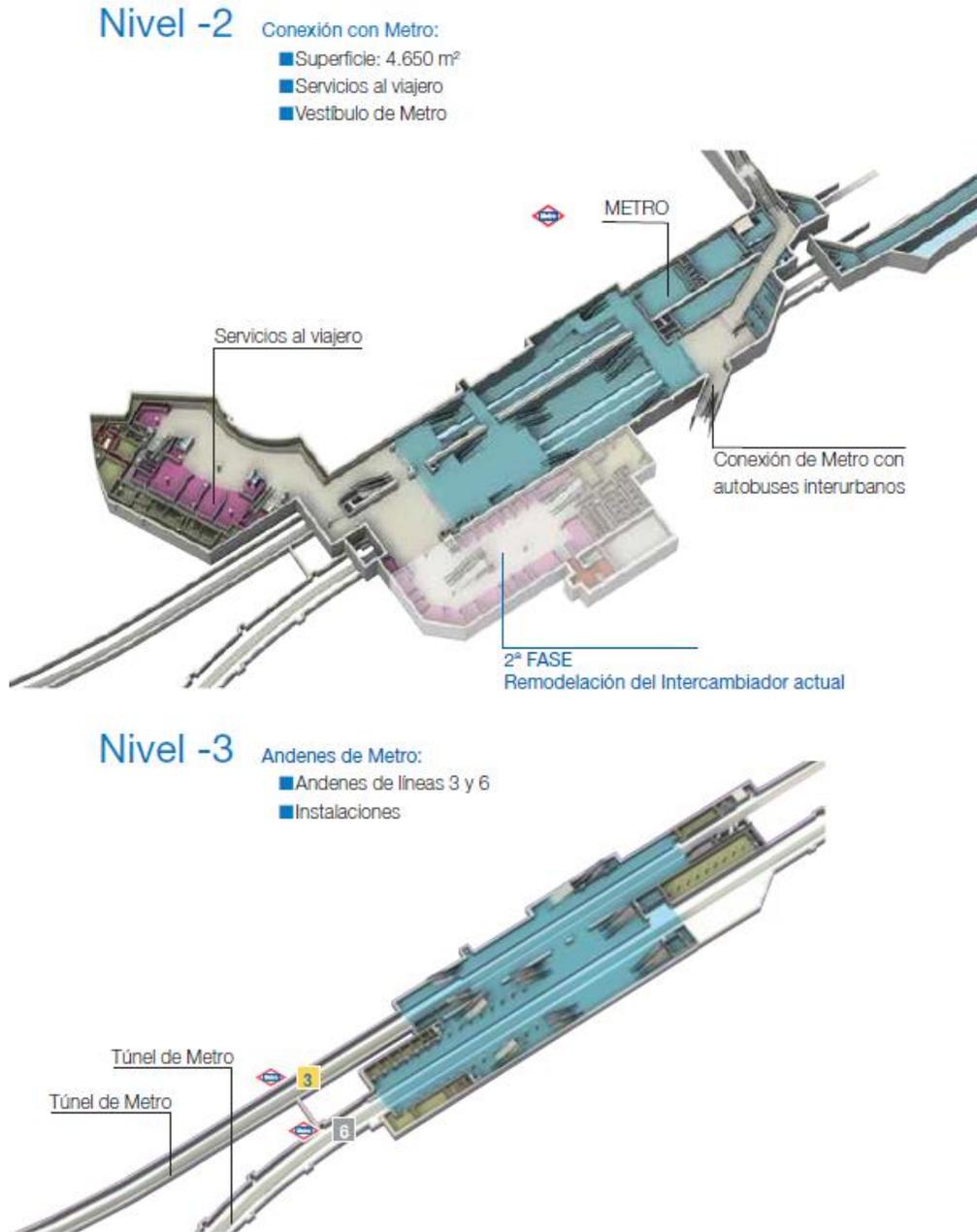


Fuente: <https://es.wikipedia.org>

1.1.1.1.4. Nivel de interconexión con Metro

Se compone de dos seminiveles: el primero, más cercano a la superficie, en el que existen servicios al viajero y es intermedio entre los andenes metro y las plataformas de autobuses y el segundo, que es el más profundo, en el que se encuentran los andenes de ascenso y descenso del Metro.

Figura 9. Nivel Interconexión con Metro Estación de Intercambio Moncloa



Fuente: Consorcio Transportes Madrid. www.crtm.es

El complejo cuenta con un biciparqueadero del programa *reBici* del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, para la integración de este modo.

Esta infraestructura actualmente opera como el principal intercambiador de transporte público para comunicar los municipios localizados a lo largo de la carretera de La Coruña (A-6) con Madrid, conectando las líneas de autobuses interurbanos (55 rutas) con los autobuses de la Empresa Municipal de Transporte de Madrid (11 rutas) y las líneas 3 y 6 de Metro de Madrid.

1.1.1.2 Estación Gare du Nort (Paris – Francia)

La estación de tren Paris-Nord, también llamada Gare du Nord, es el principal punto de partida de París para las líneas ferroviarias que sirven al norte de Francia y los países limítrofes. Debido a las cercanías de Bélgica, Holanda, Gran Bretaña y Alemania, siempre ha tenido una vocación internacional muy marcada, antes de ver un desarrollo masivo de su tráfico ferroviario regional. Fuera de Japón, es la estación ferroviaria más importante del mundo en términos de tráfico; Manejó 262 millones de pasajeros en 2015 y es una de las seis grandes estaciones que posee París.

Figura 10. Fachada Estación Gare du Nort - Paris



Fuente: <https://travelface.es>

La estación se ubica en el 112 de la Rue Maubeuge, en el distrito 10 de París. El edificio es obra del arquitecto Jacques Hittorff. La primera estación del Norte fue construida por el profesor de arquitectura de la escuela politécnica Léonce Reynaud. Se inauguró en junio de 1846 con el servicio de tren entre París, Amiens y Lille. Como era demasiado pequeña, se demolió parcialmente en 1860 y la fachada de piedra se llevó a la localidad de Lille.

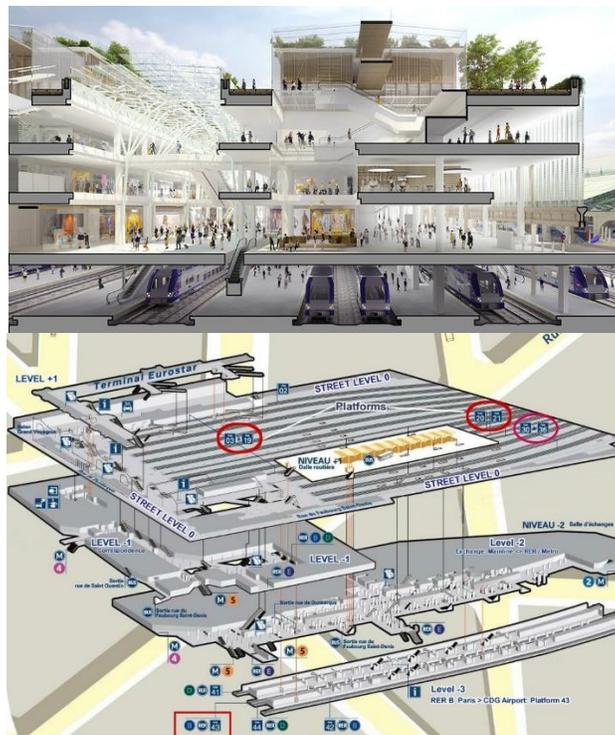
Figura 11. Plataforma trenes nacionales internacionales Estación Gare du Nort - Paris



Fuente: <https://www.sortiraparis.com>

La nueva construcción se realizó entre 1861 y 1865. Se caracteriza por sus bloques de piedra y su decoración de 23 estatuas que representan las ciudades a las que llega la compañía ferroviaria. El edificio tiene forma de U como muchas estaciones. El forjado es de hierro fundido, las columnas se hicieron en Escocia y en 1884 tuvo que volver a ser refaccionada por el caudal de pasajeros. Se añadieron cinco vías. En 1906 se incorporan dos estaciones subterráneas de metro: las líneas 4 y 5.

Figura 12. Disposición de los diferentes niveles Estación Gare du Nort - Paris



Fuente: <https://www.bonjourlafrance.com>

En 1994 comienzan a llegar a Gare du Nord trenes de Eurostar, lo que obliga a hacer un cambio en la organización de las vías:

Nº 1 y 2: de servicio (no para viajeros)

Nº 3 a 6: a Londres vía Euro túnel

Nº 7 y 8: a Bélgica, Alemania y Holanda

Nº 9 a 18: grandes líneas TGV Norte y TER Picardía

Nº 19 a 21: TER Picardía

Nº 30 a 36: Transilien (trenes suburbanos)

Nº 41 a 44: estación RER (subterránea)

Los trenes de alta velocidad parten y llegan a París hacia y desde: Londres, Bruselas/ Ámsterdam/ Colonia, Lille, Calais, Dunkerque y Valenciennes/ Saint-Omer.

Los trenes de media distancia cumplen el servicio París Amiens/ Boulogne-Ville, Saint-Quentin y Maubeuge/ Cambrai.

Los trenes regionales se dirigen a la zona de Picardía: Beauvais, Busigny y Laon.

Los trenes de cercanías se dividen en tres: Transilien (Líneas H y K) conectan Sena- San Denis, Valle del Oise y Oise; línea RER B hasta los aeropuertos Charles de Gaulle y Orly; línea RER D hacia Lyon.

Las correspondencias con el metro son dos, con las líneas 4 y 5. Con RER las líneas B y D.

Las líneas de autobuses que prestan servicio en la Gare du Nord son: 26, 30, 31, 35, 38, 39, 42, 43, 46, 48, 54, 56, 65, 302 y 350. En cuanto a Noctilien, N01, N02, N14, N43, N44, N120, N121 y N140.

Dentro de los servicios que ofrece esta infraestructura, diferentes a los transbordos e intercambios de modo de transporte, se encuentran:

- Contadores y distribuidores de boletos para viajes urbanos e interurbanos disponibles de lunes a viernes: de 05:00 a 23:00 sábados, domingos y festivos: de 06:00 a 23:00.
- Distribuidores automáticos de boletos de tren para la red de trenes suburbanos de Transilien París.
- Distribuidores automáticos de boletos de tren para la red de trenes de la línea principal.
- Tableros de visualización de horarios de salida y llegada en tiempo real.
- Venta y reserva de boletos para viajes internacionales.
- Dispositivos de impresión de tarjetas de visita.

- Buzón
- Cabina de fotos automática.
- Cabinas de teléfono.
- Carros de equipaje.
- Cajero automático.
- Cafeterías
- Centro comercial
- Periódicos, revistas, comida para llevar, bocadillos y bebidas
- Tiendas de comestibles
- Elevadores para personas con movilidad reducida
- Contador de entradas adecuado a personas con movilidad reducida
- Indicadores de advertencia en piso para personas con movilidad reducida.
- Bucle magnético para personas con discapacidad auditiva.
- Torniquete adaptado para personas con movilidad reducida.
- Espacios de estacionamiento reservados para personas con movilidad reducida.

1.1.1.3 Estación Central de Stuttgart (Stuttgart – Alemania)

La Estación Central de Stuttgart (Stuttgart Hauptbahnhof) es el mayor centro ferroviario de larga distancia del estado federado alemán de Baden-Wurtemberg y nodo de intercambio con los sistemas de transporte regional y urbano en tren y en buses de Stuttgart. Se ubica en el corredor este-oeste París-Budapest. Hacia el este conecta con Múnich y hacia el oeste con Karlsruhe. Hacia el norte tiene un enlace directo con Mannheim y Fráncfort. Hacia el sur existe una conexión poco transitada hacia Tubinga y Constanza.

Figura 13. Fachada Stuttgart Hauptbahnhof



Fuente: <https://www.german-way.com>

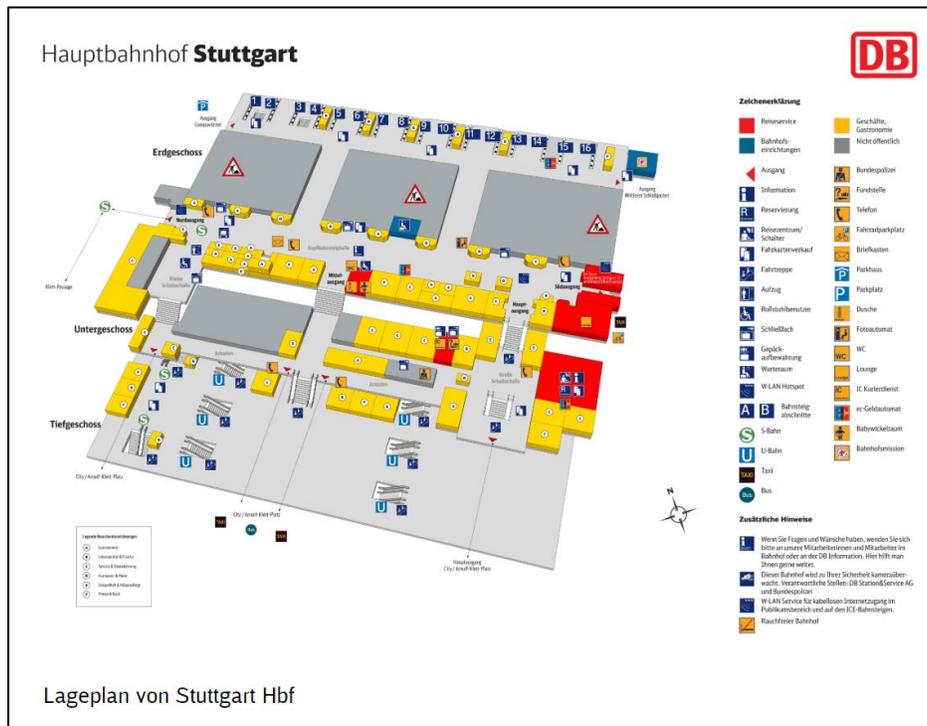
Figura 14. Zona de llegada y salida de trenes Stuttgart Hauptbahnhof



Fuente: Tomado de Google Maps.

La estación está compuesta por 4 niveles. En la superficie se atiende la demanda ferroviaria de largo y medio recorrido. La Infraestructura de este nivel está compuesta por una plataforma de embarco distribuida en 17 andenes. Todos los servicios férreos presentes en este intercambiador están supervisados por la empresa de Ferrocarriles Alemanes (Deutsche Bahn).

Figura 15. Distribución interna de la primera planta del Stuttgart Hauptbahnhof

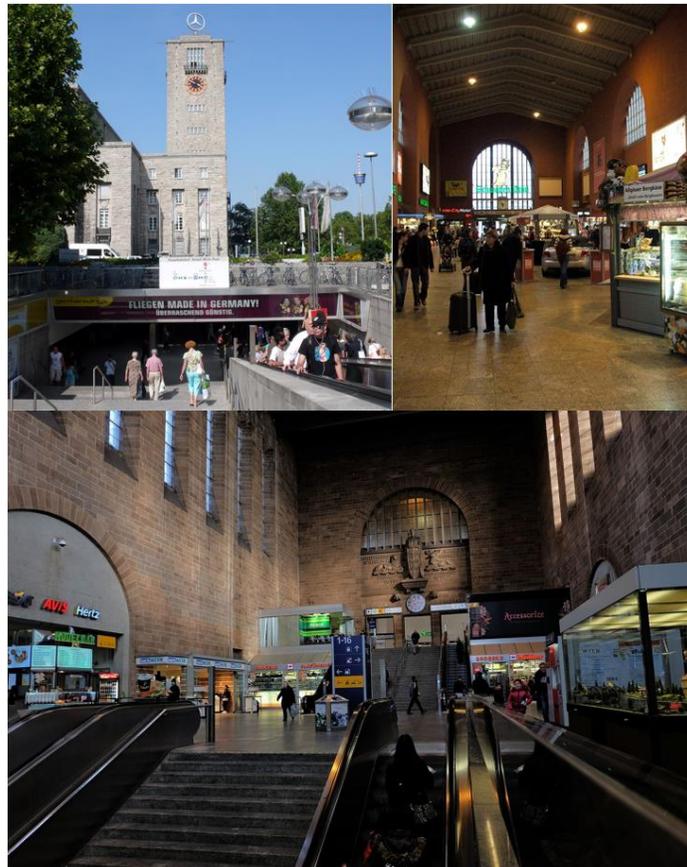


Fuente: <https://www.bahnhof.de>

En el vestíbulo del nivel a superficie, en donde se realizan las conexiones hacia las plantas inferiores y hacia los servicios de transporte ferroviario a nivel, se dispone de una gran zona de servicios asociados y no asociados al transporte. Así, se encuentran locales comerciales, restaurantes, cafeterías, zonas de descanso, servicios de información, etc.

El primer sótano es el intercambiador principal entre los pisos del complejo. Tiene como finalidad prestar todos los servicios asociados al transporte, entre los que se encuentra venta de tiquetes para los diferentes modos de transporte ofrecidos, centro de policía y atención de urgencias primarias. Además de esto, cuenta con accesos peatonales subterráneos habilitados desde varias cuadras a la redonda mediante los cuales convergen en este nivel brindando un mayor nivel de logística para accesibilidad de los usuarios al complejo.

Figura 16. Accesos peatonales y primer sótano Stuttgart Hauptbahnhof



Fuente: Fotografiado por FDV, Björn Láczy y Ralf Roletschek

El segundo sótano es una estación del servicio de tren ligero (Stadtbahn Stuttgart), el cual es un servicio de trenes ligeros cuya infraestructura comunica a toda la ciudad de Stuttgart. Cuenta con una plataforma distribuida en 4 andenes las cuales ofertan 7 rutas, lo que convierte a esta estación en el mayor punto de convergencia entre las líneas de servicio de este modo de transporte.

En el tercer sótano opera la S-Bahn Stuttgart mejor conocido como el tren de cercanías de la región de Stuttgart, la cual cuenta con dos andenes que atienden la demanda de 6 líneas.

Paralelo a los servicios ofrecidos al interior del intercambiador en la zona externa se prestan los servicios de taxi y bus urbano.

En la actualidad esta infraestructura se encuentra en proceso de ampliación y modernización lo cual la convertirá en uno de los principales centros de movilidad de Europa. Se espera entregar las primeras obras en el año 2024.

Los referentes mostrados sirven para poder dimensionar las necesidades a satisfacer en el Complejo de Intercambio Modal a implementar en la zona periférica norte de la ciudad de Bogotá D.C.

1.1.2 Complejos de Intercambio Modal (CIM) – Bogotá D.C.

Para el caso de Bogotá D.C., el artículo 1° del Decreto Distrital 190 de 2006, mediante el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de la ciudad, definido por la Ley 388 de 1997 como *“el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas, destinadas a orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo”*, establece dentro de sus objetivos:

- “...2. Pasar de un modelo cerrado a un modelo abierto de ordenamiento territorial*
- 3. Vincular la planeación del Distrito Capital al Sistema de Planeación Regional*
- 4. Controlar los procesos de expansión urbana en Bogotá y su periferia como soporte al proceso de desconcentración urbana y desarrollo sostenible del territorio rural*
- 5. Avanzar a un modelo de ciudad región diversificado, con un centro especializado en servicios.*
- 6. Reconocimiento de la interdependencia del sistema urbano y el territorio rural regional y de la construcción de la noción de hábitat en la región.”*

Los objetivos mencionados se relacionan directamente con el sistema de movilidad de la ciudad, el cual se reconoce como un sistema de integración regional.

Por su parte, dentro de las estrategias estipuladas en el Plan Maestro de Movilidad de Bogotá D.C.-PMM- (Decreto Distrital 319 de 2006), se encuentra la construcción de un Sistema de Intercambiadores Modales –SIM, *“el cual está constituido por una red de puntos estratégicos, debidamente enlazados, en donde se realiza un intercambio entre diversos modos de transporte (autobuses urbanos e interurbanos, taxis, automóviles, personas con movilidad reducida, peatones y ciclistas) con el fin de garantizar un sistema de movilidad eficiente.”*

Dando desarrollo a esta estrategia, como parte del PMM, se adelantó el Plan de Intercambiadores Modales (PIM) el cual enuncia seis (6) subsistemas como componentes del Sistema de Intercambiadores Modales de la ciudad, a saber:

- Subsistema de Intercambiadores Modales Automóvil Particular – Sistema Integrado de Transporte Público Masivo (IMAT).
- Subsistema de Intercambiadores Modales Transporte Interurbano – Sistema Integrado de Transporte Público Masivo (IMIT).
- Subsistema Aeropuerto – Transporte Terrestre (IMA).
- Subsistema de Transporte Público Flexible Complementario – Transporte Público Masivo (IMCOM).
- Subsistema Transporte No Motorizado – Sistema Integrado de Transporte Público Masivo (IMNOT).
- Subsistema de Estacionamientos Públicos – Subsistema Peatonal (IMEP).

Los modos en integración en cada uno de los Subsistemas relacionados se muestran en la siguiente figura, extraída del Plan de Intercambiadores Modales del Plan Maestro de Movilidad de Bogotá D.C.

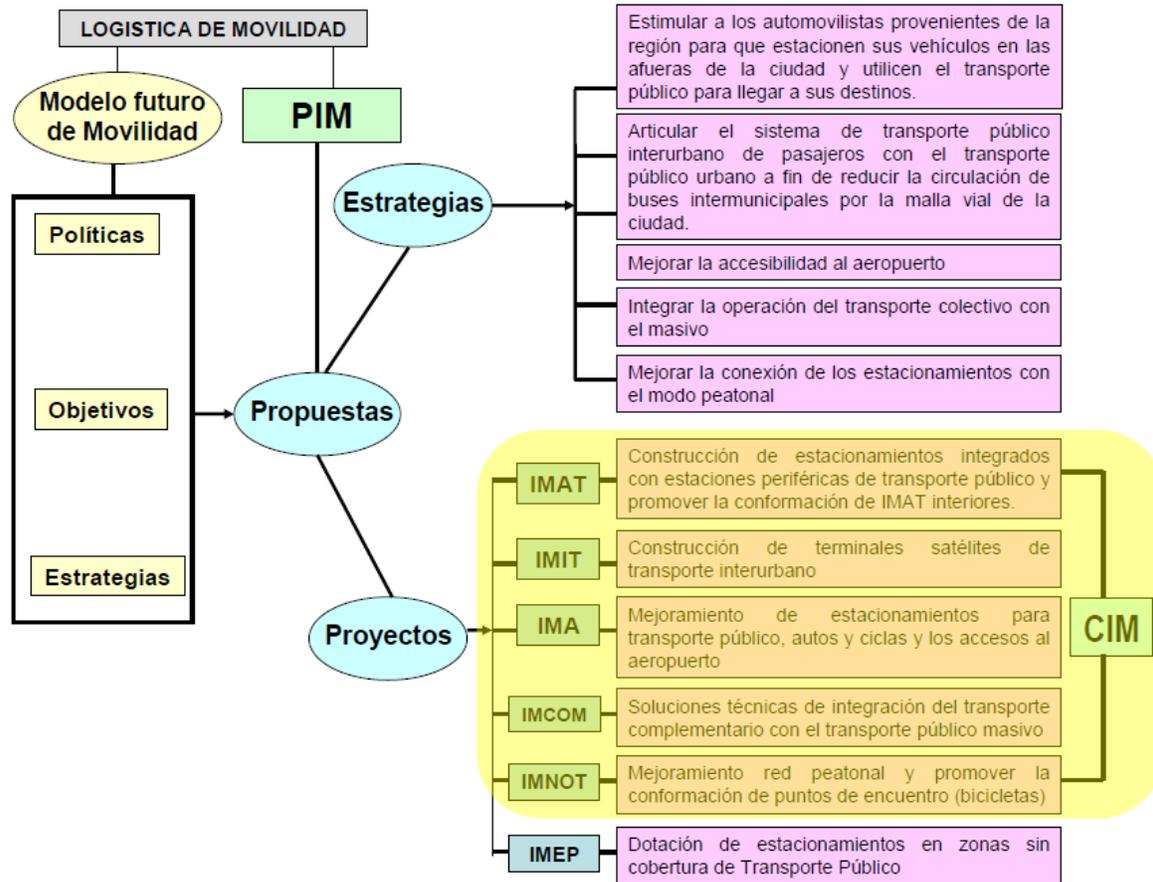
Figura 17. Modos en integración en Subsistemas del Sistema de Intercambiadores Modales de Bogotá D.C. -2006-

IM	TRANSPORTE PÚBLICO						AUTOMÓVIL PARTICULAR	MODO PEATONAL	MODO BICICLETA
	COLECTIVO	MASIVO	TAXI	BUS INTERURB	TTE. FERREO	TTE. AÉREO			
IMAT	■	■					■		■
IMIT	■	■	■	■	■		■	■	
IMA	■	■	■	■		■	■	■	■
IMCOM	■	■						■	■
IMNOT	■	■	■	■	■	■	■	■	■
IMEP							■	■	

Fuente: Plan de Intercambiadores Modales (PMM Bogotá 2006)

A su vez, en este mismo documento se destaca que el Plan Maestro de Movilidad “no considera cada IM por separado, sino que plantea el enfoque más amplio de los Complejos de Integración Modal (CIM) del transporte de pasajeros”. La figura, a continuación, extraída del Plan de Intercambiadores Modales resalta los subsistemas del Sistema de Intercambiadores Modales que se plantea deben hacer parte de un CIM.

Figura 18. Estrategia de formulación del Plan de Intercambiadores Modales y subsistemas de un Complejo de Intercambio Modal para Bogotá D.C. -2006-

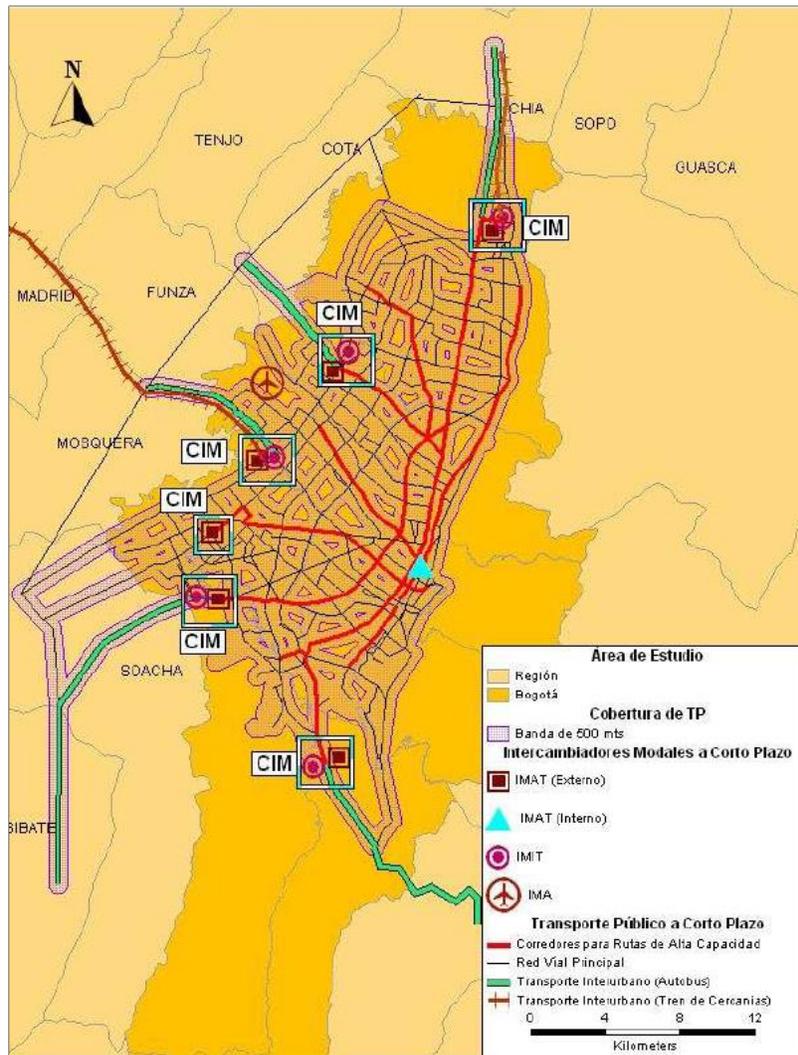


Fuente: Plan de Intercambiadores Modales (PMM Bogotá 2006)

Como se ve, en los Complejos de Intercambio Modal concurren los diferentes subsistemas de integración modal propuestos, siendo infraestructuras con requerimientos de espacio y articulación mayores a los establecidos para cada uno de los subsistemas de forma independiente.

El Plan de Intercambiadores Modales de Bogotá D.C. define, igualmente, la posible ubicación y los modos en integración de los Complejos de Intercambio Modal concebidos; la figura a continuación muestra lo planteado.

Figura 19. Propuesta ubicación de Complejos de Intercambio Modal a mediano plazo -PMM 2006-



Fuente: Plan de Intercambiadores Modales (PMM Bogotá 2006)

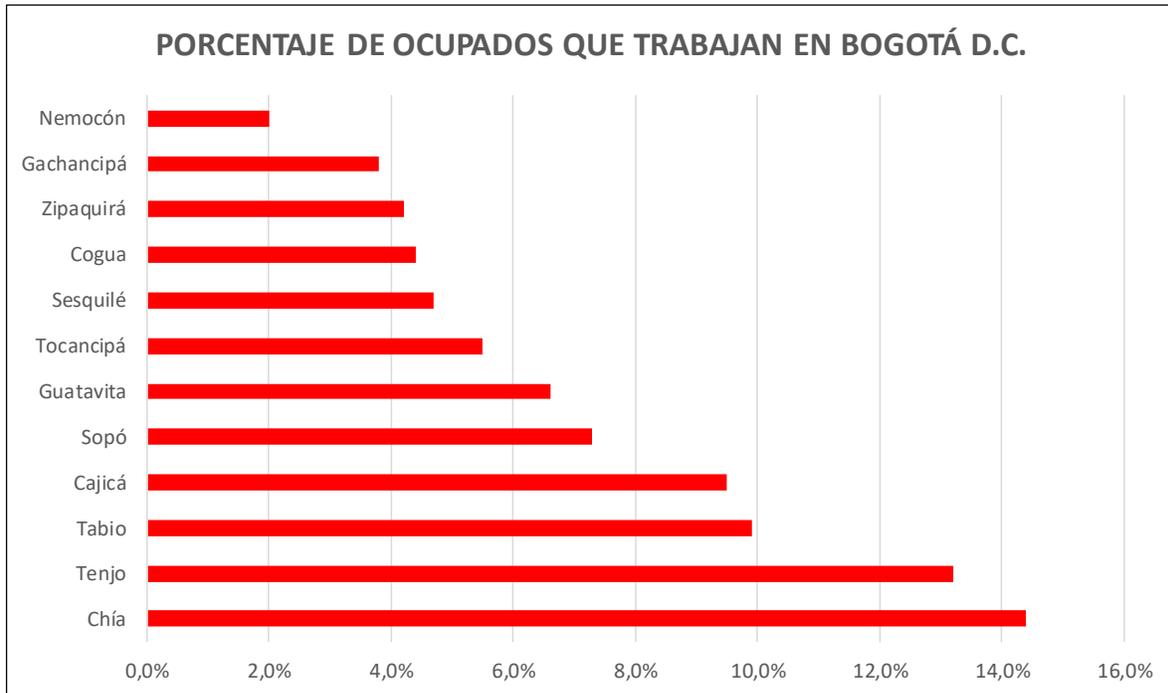
De acuerdo al PMM a los Complejos de Intercambio Modal (CIM) se les debe considerar como generadores de centralidad, tal como ya se ha observado y desarrollado en torno a los actuales portales del Sistema Transmilenio; es decir, que como parte de una infraestructura de transporte urbana su comportamiento ha de ser similar al de un portal de Transmilenio.

Por su parte la planificación en un escenario urbano-regional para Bogotá y su área metropolitana parte de la base de un modelo abierto reconociendo el territorio como una red de ciudades que se articulan físicamente entre ellas y con el territorio nacional.

Históricamente se ha reconocido la importancia de la conexión de Bogotá con los municipios vecinos al punto de proponer un área metropolitana que incluya la capital de la república y los municipios que la rodean en la zona conocida como Sabana de Bogotá, “*el modelo de red de ciudades planteado entre la ciudad de Bogotá y los municipios cercanos en las escalas de borde, subregional y regional, se configura a partir de la intensificación de relaciones económicas, funcionales, poblacionales y de migración, entre dos o más municipios, cuya principal característica es la predominancia de la ciudad núcleo con la cual se relacionan las demás.*” (Región Metropolitana De Bogotá: Una Visión de la Ocupación del Suelo-SDP, 2014)

De acuerdo a la Encuesta Multipropósito del año 2017, adelantada por la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, la figura 20 muestra el porcentaje de personas que viviendo en los municipios cercanos a la ciudad de Bogotá trabajan en ella.

Figura 20. Porcentaje de ocupados de municipios del norte de Bogotá que trabajan en Bogotá D.C.



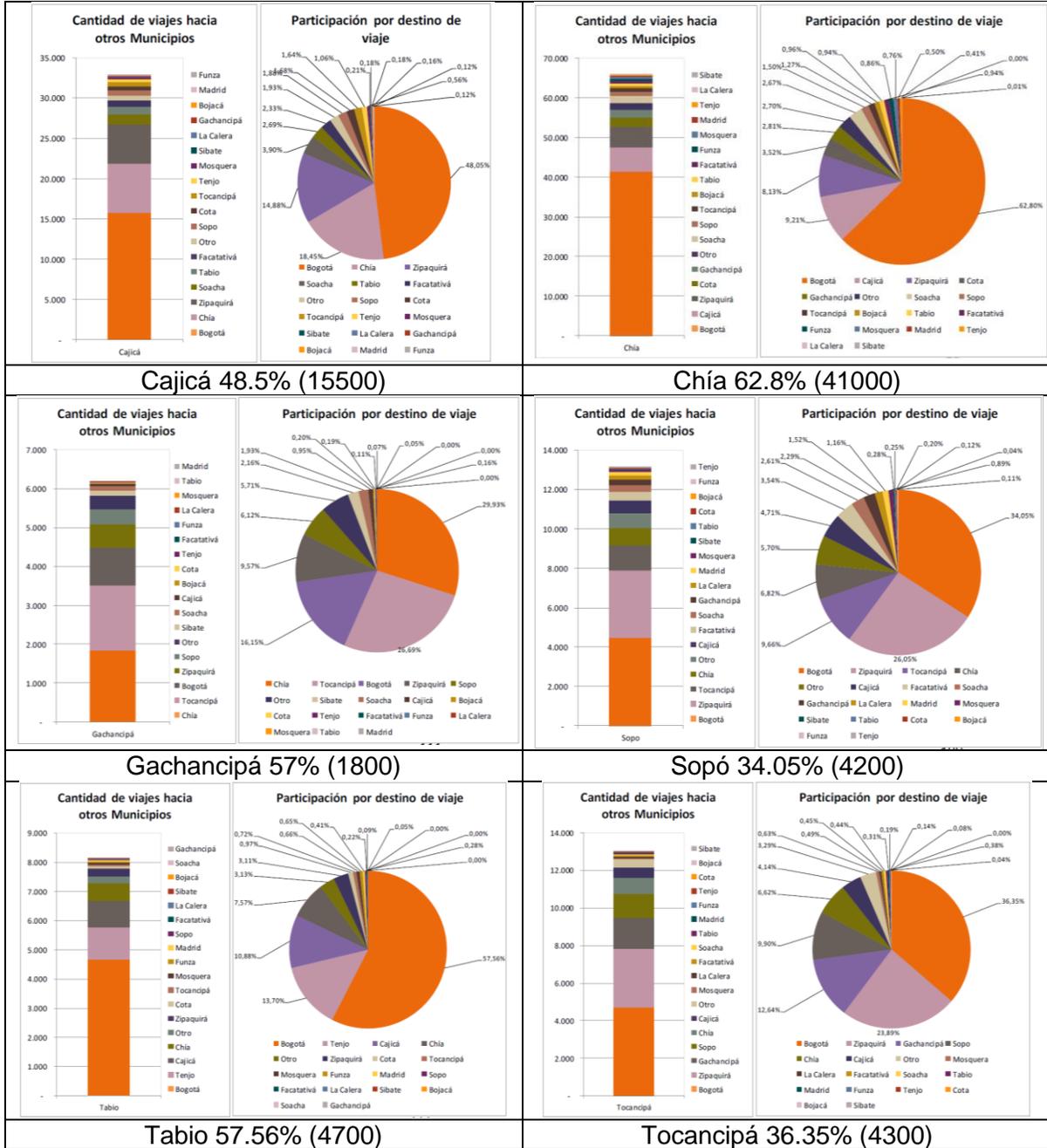
Fuente: Encuesta Multipropósito 2017. Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C.

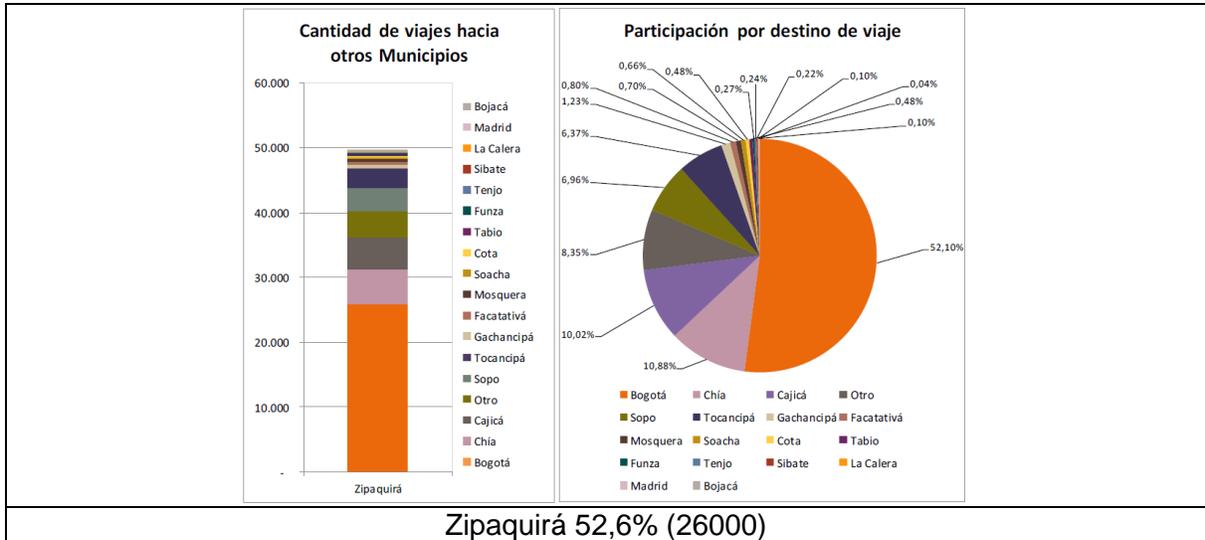
De acuerdo a esta información, en promedio, el 7,1% de las personas que trabajan lo hacen en Bogotá D.C., para lo cual diariamente deben realizar desplazamientos de ida y vuelta hacia y desde la ciudad capital.

Por su parte, la Encuesta de Movilidad del año 2015, adelantada por la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá D.C., presenta el comportamiento de los viajes diarios generados en cada uno de los municipios vecinos con referencia a su lugar externo de destino. La

figura 21 muestra este comportamiento para los principales municipios al norte de la ciudad, destacando el porcentaje de viajes desde cada municipio hacia Bogotá D.C.

Figura 21. Viajes diarios generados en los municipios vecinos del norte de Bogotá con destino a Bogotá.





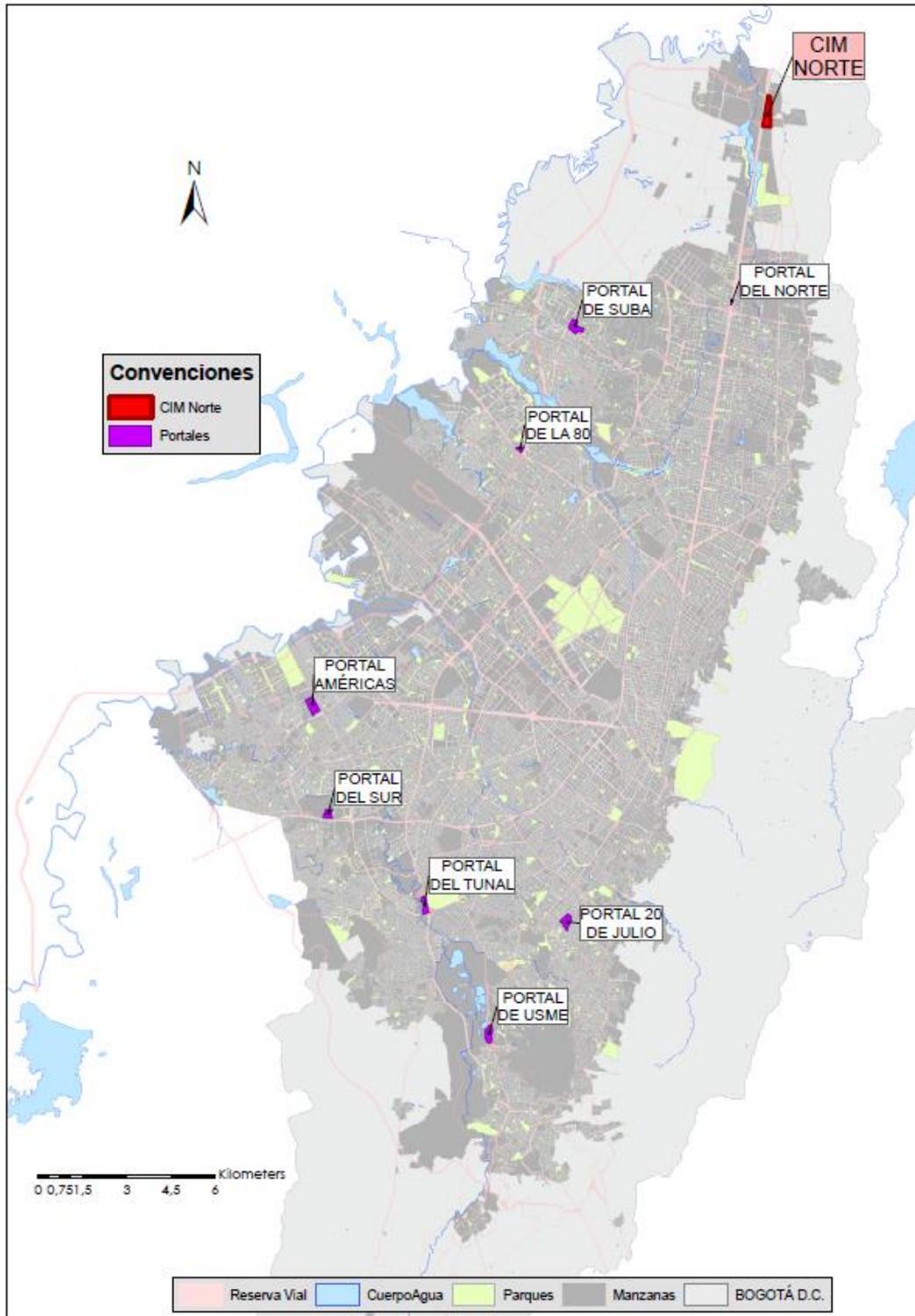
Fuente: Encuesta de Movilidad 2015. Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá D.C. Anexo 3: Municipios

De los siete (7) municipios mostrados, se generan 97500 viajes diarios con destino a Bogotá D.C., siendo el principal atractor de ellos, con una participación promedio del 50%.

En el año 2017 la Administración Municipal proyectó la expansión urbana de la ciudad hacia el norte, mediante el Decreto Distrital 088 de 2017 “Por medio del cual se establecen las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte –“Ciudad Lagos de Torca” y se dictan otras disposiciones”, estableciendo como parte del Subsistema de Transporte la planificación y construcción del Complejo de Intercambio Modal del Norte, definiendo su ubicación.

La figura a continuación muestra la ubicación propuesta del Complejo de Intercambio Modal del Norte con respecto a los portales del Sistema Transmilenio actualmente existentes.

Figura 22. Propuesta ubicación del CIM Norte con respecto a Portales del Sistema Transmilenio



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth

Con las características mostradas y según lo anotado por Díaz y De Ureña (2012), el Complejo de Intercambio Modal Norte, planteado para la ciudad de Bogotá D.C. es de tipo *Periférico* en cuanto a su ubicación espacial y de acuerdo a lo planteado por Bourgeois et al., (1997) *Altamente Articulado* en cuanto a su articulación con el sistema de transporte urbano de la ciudad.

A continuación, se presenta el diseño metodológico propuesto para el predimensionamiento físico y operativo de Complejos de Intercambio Modal de pasajeros para, posteriormente en el capítulo 3, aplicarlo al caso del CIM Norte de Bogotá D.C.

Capítulo 2 Fuentes de información y metodología para el predimensionamiento de Complejos de Intercambio Modal (CIM)

Este capítulo presenta la metodología propuesta para el predimensionamiento físico y operativo de Complejos de Intercambio Modal (CIM) ubicados en la periferia de la ciudad, con alta articulación con el sistema de transporte público urbano y que cuentan con instalaciones existentes, ya consolidadas, en la misma ciudad que atiendan los modos a integrar, de forma que puedan ser empleadas para la caracterización de la demanda y la oferta actual y futura.

En la parte final del capítulo, el cuadro 4 muestra una relación de los diferentes documentos que se consideraron para la elaboración de la actual metodología.

Se utilizaron diferentes bases de datos y la información fue obtenida de fuentes primarias y secundarias, de acuerdo al alcance del objetivo propuesto. El cuadro 2 relaciona las bases de datos empleadas.

Cuadro 2. Relación de bases de datos empleadas

No.	NOMBRE	AÑO	FUENTE	DATOS
1	Salidas y llegadas totales Portal Norte	2018	Primaria	Oferta y demanda para los modos: Articulados, alimentadores, intermunicipales corto recorrido, SITP y caminata
2	Biciusuarios Portal Américas	2018	Primaria	Rotación de demanda de estacionamiento de bicicletas
3	Encuesta de Movilidad 2015	2016	Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá D.C.	Viajes intermunicipales de corto recorrido Sabana Norte
4	Movilización de pasajeros en servicio intermunicipal de medio y largo recorrido	2008	Terminal de Transporte S.A.	Movilización de pasajeros del servicio de intermunicipales de medio y largo recorrido
5	Histórico demanda anual de pasajeros BRT Transmilenio S.A.	2017	Transmilenio S.A.	Demanda anual de pasajeros Transmilenio 2002-2016
6	Evolución de la población agregada en los municipios de la provincia Sabana Centro 2011-2017	2018	Observatorio Sabana Centro Cómo Vamos	Información sobre crecimiento poblacional en la provincia Sabana Centro de Cundinamarca

Fuente: Elaboración propia

La información secundaria tuvo en cuenta la pertinencia para este estudio y su actualidad, dado que existen multiplicidad de estudios relacionados con el tema específico de movilización de pasajeros en la ciudad de Bogotá D.C. realizados en años no recientes. Respecto a la información primaria, para que fuera una muestra representativa, se recolectó información de la operación de las infraestructuras en días típicos y atípicos. El objetivo de este trabajo de profundización es el predimensionamiento físico y operativo de un Intercambiador Modal (IM) de pasajeros tipo Complejo de Intercambio Modal (CIM). Así mismo, se busca conocer para la futura infraestructura:

- La demanda y la oferta actual y futura de los modos de transporte que convergerán.
- La conectividad con la malla vial para el sector de su implantación.
- Las áreas requeridas para las plataformas de abordaje y desembarco de los diferentes modos en integración.
- Las áreas requeridas para las zonas de circulación peatonal.
- El plan de circulación externo e interno tanto vehicular como peatonal.
- Los servicios asociados y no asociados al transporte a ofrecer, de acuerdo a la disponibilidad de áreas.

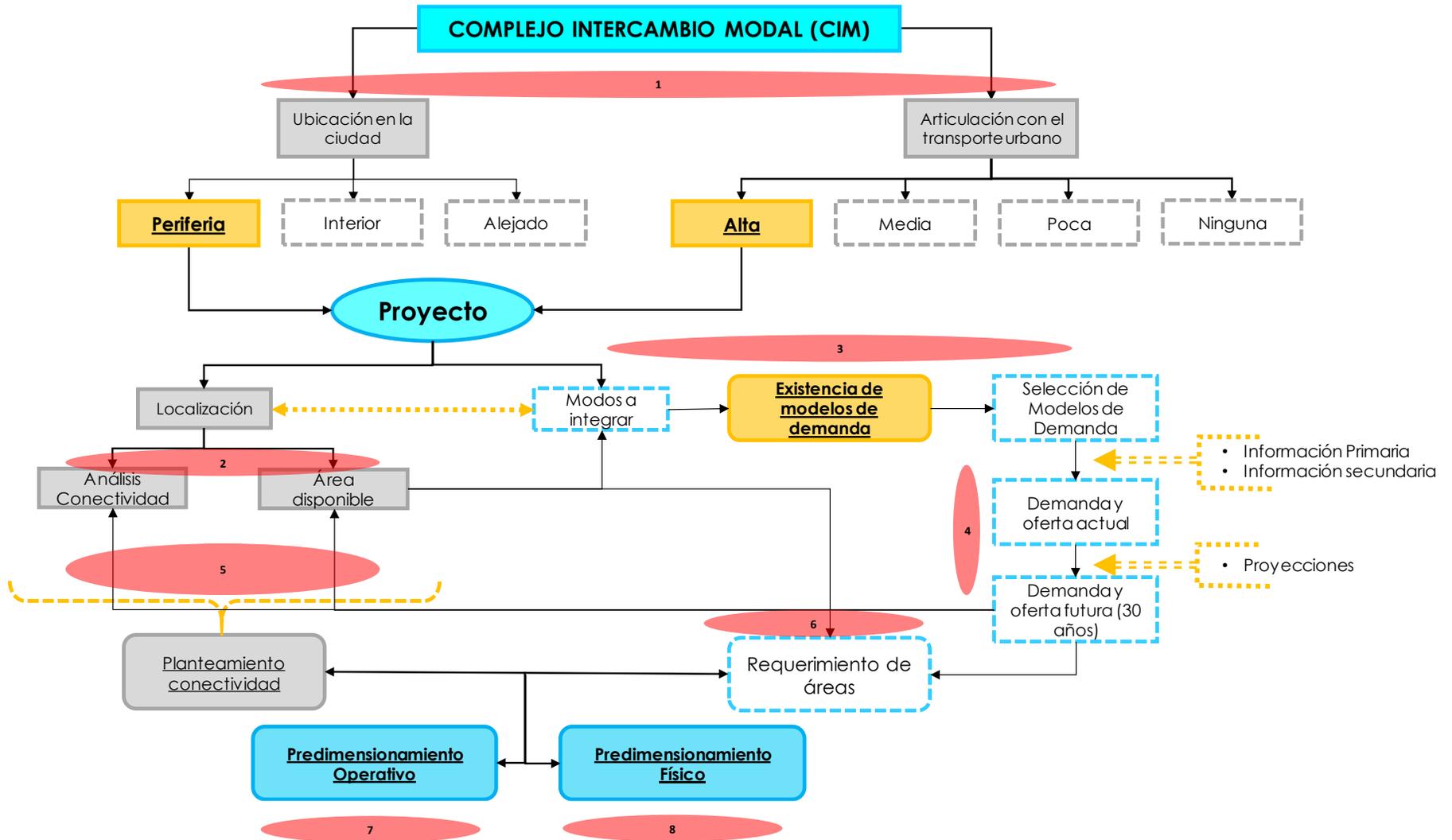
El planteamiento metodológico se genera considerando la integración modal de transporte de pasajeros con actividades no asociadas a los servicios de transporte que redunden en mejor calidad de vida de los usuarios.

En forma general, los pasos a seguir consisten en:

1. **Análisis de ubicación actual:** Definir la ubicación espacial y la articulación de la futura infraestructura con el transporte urbano de la ciudad.
2. **Análisis de conectividad actual:** Con base en el sitio de ubicación y el área disponible, debe realizarse un análisis previo de conectividad para evaluar las posibles conexiones de la infraestructura con la malla vial que da servicio y un análisis del área disponible.
3. **Definición de modos a integrar, fuentes de información y cálculo de la demanda actual:** Determinar los modos a integrar en la infraestructura y, con base en esto, seleccionar las fuentes de información para determinar variables de demanda y oferta, por cada uno de los modos.
4. **Proyección de demandas:** Una vez obtenida la demanda y la oferta actual, para cada modo, se procede a estimar estas demandas para el periodo de diseño; para esto se emplea información histórica de cuyo análisis se obtienen las tasas de crecimiento a utilizar.
5. **Análisis de conectividad futura:** Estimada la demanda futura, se realiza nuevamente un análisis de áreas disponibles y conectividad de la infraestructura bajo la situación con proyecto, de cuyo análisis parte el planteamiento de la conectividad final.
6. **Cálculo de áreas requeridas para servicios asociados al transporte:** Con los valores de demanda y oferta futura, por modo, se procede a calcular las áreas requeridas para las diferentes locaciones de servicios asociados al transporte.
7. **Predimensionamiento operativo:** Llegados a esta instancia se procede a definir las alternativas de planes de circulación para vehículos y usuarios, tanto externa como internamente, lo cual constituye el predimensionamiento operativo de la infraestructura.
8. **Predimensionamiento físico:** Finalmente se procede al planteamiento arquitectónico, como predimensionamiento físico, consistente en la mejor disposición de las diferentes locaciones como plataformas, taquillas, zonas de espera, estacionamientos, locales comerciales, rampas, escaleras, etc.

La figura 23 resume el diseño metodológico propuesto incluyendo etapas puntuales de desarrollo, para cada componente considerado en los pasos arriba descritos.

Figura 23. Diseño metodológico predimensionamiento CIM



Fuente: Elaboración propia

2.1 Análisis de ubicación actual.

A partir de la información presentada en los capítulos anteriores, específicamente en el numeral 2.1.1, se puede definir la ubicación y la articulación prevista para el futuro Centro de Intercambio Modal que, para el caso del CIM Norte de Bogotá D.C., será periférica y articulada, como se mencionó anteriormente. La metodología planteada aplica para infraestructuras de intercambio modal que cumplan, inicialmente, con estas dos características en cuanto a su ubicación en el entorno urbano y a su nivel de articulación con el sistema de transporte de la ciudad.

2.2 Análisis de conectividad actual.

En cuanto a la localización de la futura infraestructura, se realiza un análisis previo de su conectividad con la malla vial que la acoge, para determinar los requerimientos de infraestructura vial necesarios para la correcta articulación de los modos a integrar.

Este análisis incluye los corredores de transporte urbano e interurbano, a fin de determinar las necesidades de infraestructura preliminares que permitan la integración de los diferentes modos de transporte.

Para ello se tiene en cuenta las dimensiones de los vehículos de transporte público colectivo y sus restricciones, especialmente en cuanto a radios de giro. Es deseable que se planteen conexiones desde y hacia todos los puntos cardinales, mediante distribuidores viales tipo “tréboles” o glorietas. Así mismo, deben considerarse secciones viales generosas y espacios para estacionamiento momentáneo en sus cercanías, previendo la aparición de este fenómeno en altas temporadas, lo cual puede traducirse en desmejoras de la capacidad y los niveles de servicio de las vías adyacentes al proyecto.

Para el caso de estudio del presente trabajo, la articulación con la malla vial existente requiere la implementación de una vía en doble calzada elevada, entre la Autopista Norte y la Avenida Laureano Gómez, así como la generación de pasos vehiculares deprimidos para articulación con el Sistema Troncal de Transmilenio.

El análisis de la localización debe incluir, además, lo relacionado con el área disponible para la infraestructura, teniendo en cuenta que lo recomendado para ellas es que a lo sumo incluyan tres (3) niveles.

2.3 Definición de modos a integrar, fuentes de información y cálculo de la demanda actual.

En el tercer paso se definen los modos a integrar en la infraestructura, que dependen del sistema de transporte de la ciudad; aquí, se debe considerar la articulación de modos que, aunque no existan actualmente, se deberían implementar durante el horizonte de diseño.

Para el caso del CIM Norte de Bogotá D.C., en este trabajo se plantea la integración de los siguientes modos:

- Alimentadores del Sistema Transmilenio
- Articulados o troncales del Sistema Transmilenio
- Intermunicipales de corto recorrido
- Intermunicipales de medio y largo recorrido
- Zonales del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)
- Biciusuarios
- Caminata

No se tienen en cuenta modos férreos (metro, tren de cercanías, etc.) para el cálculo de demandas ya que no se plantea su implementación en el periodo de diseño adoptado de 30 años. Sin embargo, se presenta de manera esquemática su posible integración a la infraestructura.

A partir de allí, se realiza un análisis del sistema de transporte de la ciudad en cuanto a infraestructuras de intercambio existentes y que puedan servir de “modelo” o referencia para el cálculo de la demanda y la oferta por cada modo.

Para conocer la demanda del CIM Norte de Bogotá D.C., en lo referente a los tres (3) primeros modos a integrar (alimentadores Transmilenio, articulados e intermunicipales de corto recorrido) se evalúa el actual Portal Norte de Transmilenio que integra los tres anteriores modos.

La información del servicio de intermunicipales de medio y largo recorrido se obtuvo del Estudio para el Dimensionamiento del Terminal Satélite del Norte, adelantado por la empresa Terminal de Transporte de Bogotá en el año 2008.

El servicio de vehículos zonales del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) se caracterizó en los paraderos aledaños al Portal Norte de Transmilenio.

Para estimar la demanda de Biciusuarios se evaluó el biciparqueadero del Portal Américas de Transmilenio, porque actualmente es la mayor infraestructura de este tipo del Sistema.

Los usuarios que ingresan y salen en modo caminata fueron contabilizados en los accesos y salidas del portal norte de Transmilenio.

Para el caso de las infraestructuras seleccionadas como “modelo” para la caracterización del modo correspondiente, se llevan a cabo estudios de tránsito y/o transporte, que cumplan con la debida rigurosidad estadística a fin de caracterizar la demanda correspondiente. Para el caso de estudio se llevaron a cabo aforos de unidades transportadoras y de pasajeros movilizadas por las mismas, contemplando el universo, es decir, la totalidad de las unidades transportadoras y de los usuarios, para un día típico y un día atípico, por lo que no se requiere calcular un tamaño de muestra.

2.4 Proyección de demandas.

Una vez obtenida la información sobre demanda y oferta actual, se procede a estimar estas variables para el periodo de diseño que, para el caso del CIM Norte de Bogotá D.C., se plantea al año 2050 (30 años) teniendo en cuenta la “inercia” de este tipo de infraestructuras.

Al respecto y según lo anotado por Garber y Lester (2005), se tiene:

- *“El proceso de la estimación de la demanda de viajes es tanto un arte como una ciencia, ya que requiere tener criterio con relación a los diferentes parámetros, entre ellos: población, tenencia de automóviles, etc., que constituyen la base de una predicción de viajes.”*
- Existen muchos factores que influyen en la demanda de viajes y que afectan su elasticidad, entendida esta como la *“variación porcentual de la demanda de viajes por cambios en otras variables como costo del viaje, tiempo del viaje, comodidad, etc.”*
- *“La estimación de la demanda de viajes es un proceso complejo, porque la demanda de los viajes urbanos está influenciada por la ubicación y la intensidad del uso del suelo, características socioeconómicas de la población y alcance, costo y calidad de los servicios de transporte.”* (Garber & Lester, 2005)

Estas consideraciones han de tenerse en cuenta en pasos posteriores para el diseño de la infraestructura; para el presente trabajo y por tratarse de una primera aproximación a la demanda esperada, se emplean modelos de tendencia (lineal, geométrica, exponencial, etc.), cuya principal característica radica en que asocian la variación de la demanda al paso del tiempo (Islas, Rivera, & Torres, 2002). En etapas posteriores, deberán emplearse técnicas más elaboradas para obtener datos más precisos, sin desconocer la incertidumbre de este tipo de estimaciones.

Para el presente trabajo, la estimación de las demandas futuras se realiza con la adopción de tasas de crecimiento para cada modo, mediante el método de extrapolación de tendencias, *“el cual consiste en determinar la tendencia con que ha evolucionado la variable en el tiempo y proyectarla al futuro, definiendo la tendencia como el movimiento uniforme de una serie cronológica, siendo necesario contar con datos de series históricas de la variable en estudio.”* (Girardotti, 2003)

A continuación, se muestran las consideraciones teóricas tenidas en cuenta y que son aplicadas en el capítulo 4 para la estimación de las demandas futuras para cada uno de los modos que se integrarán en el CIM Norte de Bogotá D.C.

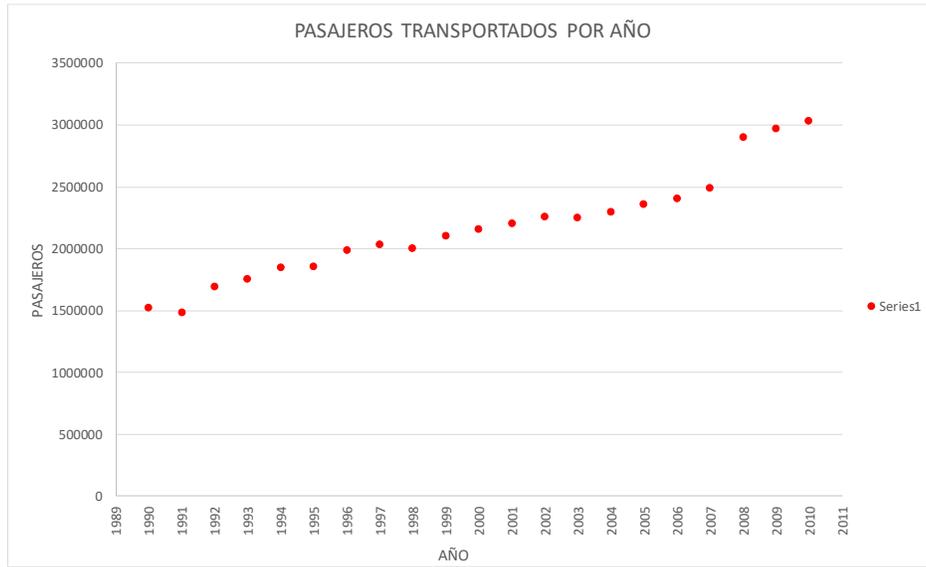
En la práctica, es común asociar el comportamiento futuro de la demanda de transporte a su comportamiento histórico, es decir, que se relaciona la variable demanda con la variable tiempo; a manera de ejemplo, en el cuadro N° 3 se muestran los resultados obtenidos para una muestra en el periodo de 1990 y 2010. La figura 24 muestra el comportamiento de la muestra.

Cuadro 3. Demanda anual hipotética para ejemplo

AÑO	PASAJEROS TRANSPORTADOS
1990	1524654
1991	1484569
1992	1689785
1993	1754897
1994	1845784
1995	1856915
1996	1987456
1997	2032154
1998	1999564
1999	2103621
2000	2154987
2001	2201632
2002	2256874
2003	2245897
2004	2298562
2005	2354821
2006	2403652
2007	2489215
2008	2897456
2009	2965871
2010	3026987

Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Ejemplo gráfico de dispersión pasajeros-año

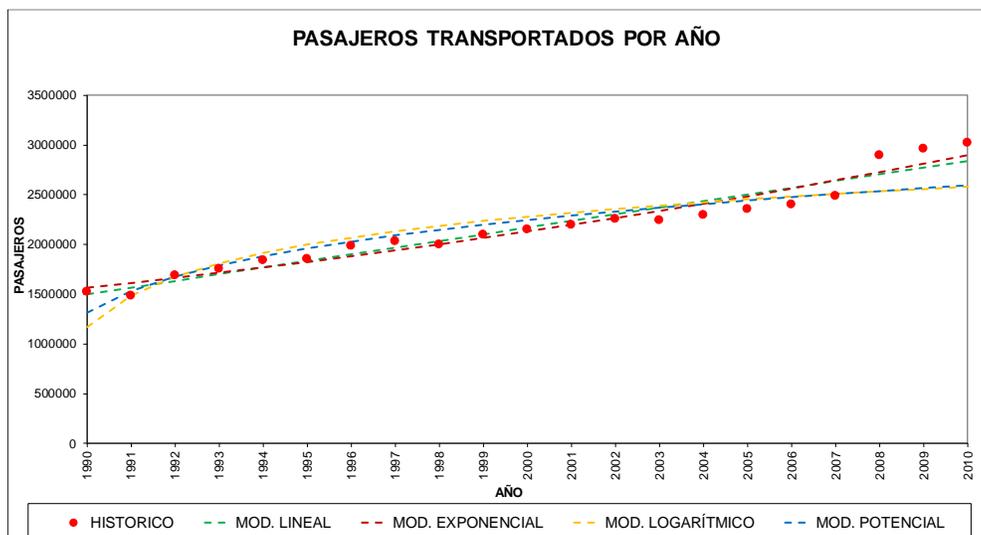


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados anteriores existe una relación directa entre el tiempo y el número de pasajeros transportados (es decir, en la medida que se incrementa el tiempo, se incrementan los pasajeros transportados) que puede expresarse mediante un modelo matemático. Los modelos comúnmente empleados son de tipo: lineal, exponencial, logarítmico y potencial.

La figura 25 muestra las líneas de tendencia del ejemplo propuesto según el modelo elegido.

Figura 25. Ejemplo modelos de tendencia serie histórica



Fuente: Elaboración propia

- Para la tendencia lineal, se asume un comportamiento como el de una línea recta:

$$y = at + b$$

donde:

y = demanda de transporte

t = tiempo

a, b = parámetros a obtener por el método de mínimos cuadrados

La aplicación de este modelo está sujeta a que el fenómeno de crecimiento realmente sea lineal (es decir, a una tasa de crecimiento constante), que el coeficiente de correlación (R^2) y las demás pruebas estadísticas resulten satisfactorias, y que se tome este modelo sólo como un primer acercamiento al estudio de la tendencia de la demanda, como el caso del presente trabajo.

- El modelo exponencial es de la forma:

$$y = ae^{bt}$$

o, aplicando logaritmos,

$$\log y = \log a + t \log b$$

donde:

y y t = se definen como en el caso anterior,

a y b = parámetros a determinar por regresión lineal simple.

Este sería un modelo más realista en la mayoría de los casos en que se está analizando la demanda de transporte, la cual se caracteriza por tener un gran dinamismo que se traduce en un crecimiento no constante.

- El modelo logarítmico responde a la expresión:

$$y = a + b \ln(t)$$

y = demanda de transporte

t = tiempo

a, b = parámetros a obtener por el método de mínimos cuadrados

Este modelo presenta una línea curva de ajuste perfecto que es muy útil cuando la tasa de cambio de los datos aumenta o disminuye rápidamente pudiendo utilizar valores positivos o negativos.

- El modelo potencial es de la forma:

$$y = at^b$$

y y t = se definen como en los casos anteriores,

a y b = parámetros a determinar por regresión lineal simple.

Este último modelo es el que mejor se ajusta cuando se utiliza conjuntos de datos que comparan medidas que aumentan a un ritmo específico.

Para realizar un análisis de cada uno de los modelos y su representatividad, se acostumbra emplear el coeficiente de determinación R^2 que mide la proporción de la variabilidad explicada por el ajuste del modelo de acuerdo con Walpole, Myers, Myers y Y (2007), y compara la varianza de los datos estimados por el modelo con la de los datos originales. El análisis de varianza utiliza la suma de los cuadrados de los errores,

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Y la suma total de los cuadrados corregida,

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2$$

Esta última representa la variación en los valores de respuesta que idealmente serían explicados con el modelo. El valor SSE es la variación debida al error, o variación no explicada. Resulta claro que si $SSE = 0$, toda variación queda explicada. La cantidad que representa la variación explicada es $SST - SSE$. Entonces, R^2 es el

$$\text{Coeficiente de determinación: } R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

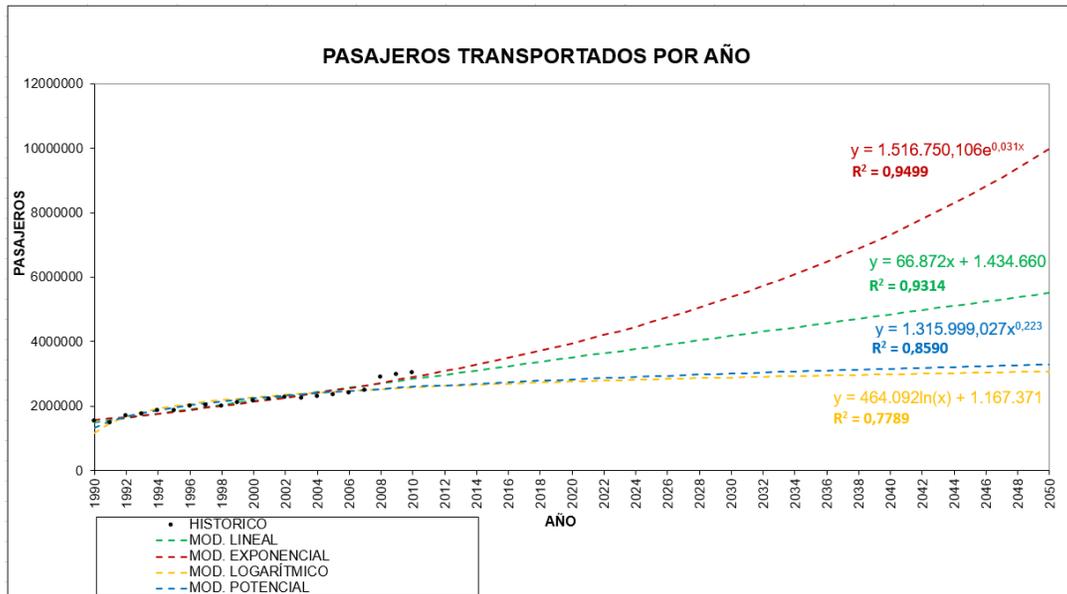
Si el ajuste es perfecto, todos los residuos son cero y $R^2 = 1.0$.

Pero si SSE es tan sólo un poco menor que SST, $R^2 \approx 0$. (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007)

Es decir, que en la medida que R^2 se aproxime a 1.0, que es su máximo valor, se considerará un mejor ajuste del modelo.

Para el caso del ejemplo, al hacer las gráficas de las tendencias, a un horizonte de 30 años, se obtiene lo mostrado en la siguiente figura.

Figura 26. Ejemplo modelos de tendencia futura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa, la tendencia exponencial es la que mejor ajuste tiene porque el valor de R^2 es de 94%, sin embargo, con su elección puede estar sobrestimando la demanda futura, porque no se consideran otras variables de costo como: costo del viaje, el tiempo del viaje y otras que afectan la elasticidad de la demanda.

La tasa de crecimiento anual, se obtiene a partir de la serie histórica, con la siguiente expresión geométrica:

$$y_f = y_p(1 + r)^t$$

Donde,

y_f : demanda en el último año de la serie histórica

y_p : demanda en el primer año de la serie histórica

r : tasa de crecimiento anual

t : número de años de la serie

Obteniendo:

$$r = \left(\sqrt[t]{y_f / y_p} \right) - 1$$

Para el caso del ejemplo, obteniendo los valores del cuadro 3, se tiene:

y_f : 3026987

y_p : 1524654

t : 21

De donde,

$$r = 0.0331 = 3.31\%$$

Existen otro tipo de estimadores más elaborados que suelen ser empleados en etapas posteriores de este tipo de proyectos para el cálculo de la demanda, dentro de los cuales se encuentran:

- Curva de Goempertz
- Curva logística
- Estimaciones econométricas de modelos de regresión múltiple
- Programación lineal
- Técnicas de simulación con la matriz insumo-producto
- Modelos secuenciales o de los cuatro pasos.

Respecto al último de los nombrados y de acuerdo a Islas, Rivera, y Torres (2002), *“En el proceso de planeación se han logrado avances considerables, sobre todo en la generación de algoritmos y metodologías. Destacan por su difusión y aparente simplicidad, los modelos conocidos como de las cuatro fases: generación-atracción de viajes, distribución de viajes, selección modal, y asignación de ruta. Para los dos primeros se usan técnicas de calibración de modelos econométricos, y se parte de esquemas de ecuaciones lineales o no-lineales de diversas variables. Para la selección modal se tienen opciones que van desde simples gráficas de tendencias históricas en el uso de los modos, hasta complejos modelos econométricos, destacándose el uso de la multinomial logit. Por último, para la asignación de viajes, es común el empleo de algoritmos basados en las técnicas de optimización de la teoría de redes.”* (Islas, Rivera, & Torres, 2002)

2.5 Análisis de conectividad futura.

Estimada la demanda y la oferta, al periodo de diseño, se realiza nuevamente un análisis de conectividad y de áreas disponibles para evidenciar su suficiencia ante los requerimientos. De este análisis surge el planteamiento definitivo de la conectividad de la infraestructura con el entorno y la cuantificación de espacios para disponer los servicios que se brindarán.

2.6 Cálculo de áreas requeridas para servicios asociados al transporte.

Para el cálculo de áreas requeridas que satisfagan las necesidades de forma cómoda se debe considerar, al periodo de diseño, un nivel de servicio “aceptable”, previendo para el final de este periodo la necesidad de adecuaciones que mejoren las condiciones de comodidad y confort de los usuarios.

Las áreas a considerar incluyen:

- Plataformas de abordaje y desembarco
- Dársenas o espacios vehiculares para maniobras de ascenso y descenso
- Vías para circulación interna de los vehículos de transporte público que se integran al interior de la infraestructura
- Espacios para circulación peatonal (pasillos, escaleras, rampas, etc.)
- Espacios para servicios sanitarios
- Espacios para taquillas
- Plazoletas libres para contingencias
- Área para estacionamiento de bicicletas
- Área para estacionamiento de vehículos particulares (autos y motos)
- Área para servicios técnicos a los vehículos de transporte público (patios de mantenimiento)
- Áreas comerciales

2.7 Predimensionamiento operativo.

El predimensionamiento operativo incluye, además de la información estimada para el periodo de diseño, la siguiente información:

- Planes de circulación vehicular, exteriores e interiores, para cada modo en integración
- Cuantificación y ubicación de dársenas de abordaje y desembarco
- Cuantificación y ubicación de áreas de espera para abordaje y desembarco
- Cuantificación de áreas de circulación peatonal
- Cuantificación de áreas para plazoletas o zonas libres para puntos de encuentro ante riesgos naturales
- Cuantificación y ubicación de taquillas y puntos de atención a usuarios
- Cuantificación y ubicación de áreas para implementación de servicios asociados al transporte
- Definición de áreas para implementación de servicios no asociados al transporte

2.8 Predimensionamiento físico.

Finalmente, en el predimensionamiento físico o arquitectónico se contempla la distribución de las diferentes áreas y su conectividad interior y exterior. En este paso se define la ubicación de taquillas, puntos de atención, torniquetes, servicios sanitarios, escaleras,

rampas, áreas administrativas, salas de espera, áreas comerciales, áreas para servicios empresariales, etc.

Para la aplicación de la metodología propuesta se realizan seis (6) bloques de investigación, cuyos resultados se presentan en el siguiente capítulo. Los bloques de trabajo, que involucran la totalidad de los pasos descritos anteriormente (entre paréntesis), son:

- Análisis de ubicación y conectividad (3.1, 3.2 y 3.5)
- Definición de modos a integrar y definición de infraestructuras modelo (3.3)
- Caracterización de la demanda y la oferta actual (3.3)
- Estimación de la demanda y la oferta futura (3.4)
- Predimensionamiento operativo (3.7)
- Predimensionamiento físico (3.6 y 3.8)

En el cuadro 4 se incluyen las fuentes consultadas para el desarrollo del presente capítulo.

Cuadro 4. Fuentes consultadas

No.	TIPO	PUBLICACIÓN	AUTOR	AÑO	NOMBRE
1	ARTÍCULO	Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, I Semestre 2011, vol. 20, No. 30	Sonia Esperanza Díaz Márquez	2011	Aproximación territorial a los intercambiadores de transporte
2	PUBLICACION PERIODICA	Organización de las Naciones Unidas	Gerhard Heilig	2012	World Urbanization Prospects, the 2011 Revision (Report).
3	ARTICULO EN INTERNET	www.sciencedirect.com	Paolo Neirotti, Alberto De Marco, Anna Corinna Cagliano, Giulio Mangano y Francesco Scorrano	2013	Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts.
4	NORMA	http://www.sdp.gov.co/noticias/plan-de-ordenamiento-territorial	ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	2004	Decreto 190 de 2004. Plan de ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.
5	NORMA	https://movilidadbogota.gov.co/web/plan-maestro-movilidad	ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	2006	Decreto 319 de 2006. Plan Maestro de Movilidad de Bogotá D.C.
6	NORMA	https://movilidadbogota.gov.co/web/plan-maestro-movilidad	ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA	2006	Plan de Intercambiadores Modales como componente del Plan Maestro de Movilidad de Bogotá D.C.
7	ARTICULO	Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 54 - 2010	Sonia Esperanza Díaz Márquez y José María de Ureña	2010	El estudio del papel territorial de los intercambiadores de transporte: revisión y

			Francés		propuesta metodológica
8	NORMA	http://www.sdp.gov.co	ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	2017	Decreto 088 de 2017. Plan de Ordenamiento Zonal del Norte - Ciudad Lagos de Torca
9	PUBLICACION INSTITUCIONAL	https://www.comunidad.madrid/publicamidrid	INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT (UITP)	2003	La integración: un desafío para el transporte público
10	PUBLICACION INSTITUCIONAL	Institute for Transportation & Development Policy	Lloyd Wright y Walter Hook	2010	Bus Rapid Transit. Planning Guide
11	PUBLICACION INSTITUCIONAL	http://www.cityhub.imet.gr/	EUROPEAN COMMISSION. SEVENTH FRAMEWORK COOPERATION WORK. PROGRAMME	2013	Innovative design and operation of new or upgraded efficient urban transport interchanges
12	PUBLICACION INSTITUCIONAL	https://www.kittelerson.com/work/moody-porter-simulation-study/	KITTELSON ASSOCIATES &	2003	Mastering the Massively Multimodal Intersection
13	PUBLICACION INSTITUCIONAL	https://www.crtm.es/media/108537/90_14_es_articulo_moncloa.pdf	CONSORCIO TRANSPORTES MADRID	2014	El intercambiador de Moncloa en Madrid - España
14	PUBLICACION EN INTERNET	https://es.wikipedia.org	wikipedia.org	2018	La estación Gare du Nort en Paris - Francia
15	PUBLICACION EN INTERNET	https://www.bahnhof.de/bahnhof-de/bahnhof/Stuttgart_Hbf-1038338	DB STATION & SERVICE AG	2019	Estación Central de Stuttgart (Stuttgart Hauptbahnhof) en Stuttgart Alemania
16	PUBLICACION EN INTERNET	https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_central_de_Stuttgart	wikipedia.org	2019	La estación central de Stuttgart
17	INFORME DE CONSULTORIA	Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá D.C.	TERMINAL DE TRANSPORTE DE BOGOTÁ S.A. - CONSORCIO TERMINALES BOGOTÁ 2008	2008	Estudios y diseños del Plan de Implantación para la construcción, puesta en marcha y operación del la Terminal Interurbana de Pasajeros del Norte
18	PUBLICACION INSTITUCIONAL	http://www.sdp.gov.co	SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN BOGOTÁ D.C.	2014	Región Metropolitana de Bogotá: Una Visión de la Ocupación del Suelo
19	PUBLICACION INSTITUCIONAL	http://www.sdp.gov.co	SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN	2017	Encuesta Multipropósito 2017 - Principales Resultados Bogotá -

			BOGOTÁ D.C.		Región
20	PUBLICACION INSTITUCIONAL	https://www.movilidadbogota.gov.co	SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD DE BOGOTÁ D.C.	2016	Encuesta de Movilidad del año 2015
21	ARTICULO EN INTERNET	http://www.side.developpement-durable.gouv.fr	BOURGEOIS, F., BARTHELEMY, J.R., LIOTARD, M., y GUYON, (Barthelemy, Liotard, Guyon, & Bourgeois, 1997) (Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C., 2018)	1997	Les gares, locomotives du développement urbain. Réflexion méthodologique à partir de cas français et étrangers
22	PUBLICACION INSTITUCIONAL	http://www.sdp.gov.co	SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN DE BOGOTÁ D.C (Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C., 2009) (Gómez, 2016) (Olmo, 2016).	2018	Análisis Demográfico y Proyecciones Poblacionales de Bogotá
23	PUBLICACION INSTITUCIONAL	http://oab.ambientebogota.gov.co	SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN DE BOGOTÁ D.C.	2009	Destino Capital Movilidad Sostenible
24	TESIS MAESTRIA	https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4625	Emma Patricia Gómez Gutiérrez	2016	Criterios de diseño para estaciones de transferencia intermodal para facilitar una movilidad urbana sustentable (conveniente)
25	ARTICULO	http://ocs.editorial.upv.es	Sara Hernández del Olmo	2016	Herramientas de análisis para la gestión de intercambiadores urbanos de transporte
26	ARTÍCULO EN INTERNET	http://fi.uba.ar	Luis M. Girardotti	2003	Previsión de la demanda en corredores

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de la aplicación de la metodología propuesta para el predimensionamiento físico y operativo del Complejo de Intercambio Modal Norte (CIM Norte) de la ciudad de Bogotá D.C.

Capítulo 3 Caso de estudio Intercambio Modal del Norte Bogotá D.C. -CIM Norte-

Como se mencionó, para la aplicación de la metodología propuesta se realizan seis (6) bloques de investigación, cuyos resultados se presentan en este capítulo. Los bloques de trabajo, que involucran la totalidad de los pasos descritos en el capítulo 3 (entre paréntesis), son:

- Análisis de ubicación y conectividad (3.1, 3.2 y 3.5)
- Definición de modos a integrar y definición de infraestructuras modelo (3.3)
- Caracterización de la demanda y la oferta actual (3.3)
- Estimación de la demanda y la oferta futura (3.4)
- Predimensionamiento operativo (3.7)
- Predimensionamiento físico (3.6 y 3.8)

3.1 Análisis de ubicación y conectividad

En este apartado el análisis que se realiza esta en función de lo planteado en el Plan de ordenamiento Zonal del Norte POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca – que incluye la implantación de la infraestructura mencionada.

3.1.1 Análisis de información sobre propuestas del POZ Norte “Ciudad Lagos de Torca”

Mediante el Decreto Distrital 088 de 2017 de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. “Por medio del cual se establecen las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte – “Ciudad Lagos de Torca” y se dictan otras disposiciones”, la Administración Municipal fijó los lineamientos a tener en cuenta para la expansión urbana de la ciudad hacia el norte. Así mismo, el Plan de Desarrollo adoptado por el Concejo Municipal para el periodo 2016-2020 considera estratégico para la ciudad el Complejo de Intercambio Modal (CIM) Norte como proyecto del subsistema de Transporte, el cual se encuentra ubicado en el límite norte del área comprendida por el POZ Norte.

Es así como, la anterior norma, establece condiciones urbanísticas específicas para la implantación de esta infraestructura de transporte y los mecanismos que aseguran la vinculación de las áreas de suelo necesarias para su desarrollo, priorizando su ejecución como proyecto estratégico de la ciudad capital.

3.1.1.1 Plan de Ordenamiento Zonal del Norte POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca -

De acuerdo con sus estructuradores, *“Ciudad Lagos de Torca constituye el primer proyecto pensado y desarrollado dentro de un proceso de planificación urbana cuyo objetivo es el desarrollo urbano de Bogotá, la región y el país”*. A nivel urbanístico sigue

unas directrices que están dirigidas a generar una tipología de ciudad compacta con amplias zonas de espacio público, una red de infraestructura que comprende amplios andenes, redes de parques, ciclorrutas, vías, vivienda de diferente tipología, mixtura de usos dirigida a mejorar la calidad de vida de los bogotanos.

Ciudad Lagos de Torca es un proyecto de ordenamiento territorial que tiene una superficie de 1,803 hectáreas y abarca todo el suelo urbano y de expansión definida el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) para el norte de Bogotá entre las calles 183 y 245, entre las Avenidas Carrera Séptima y Boyacá.

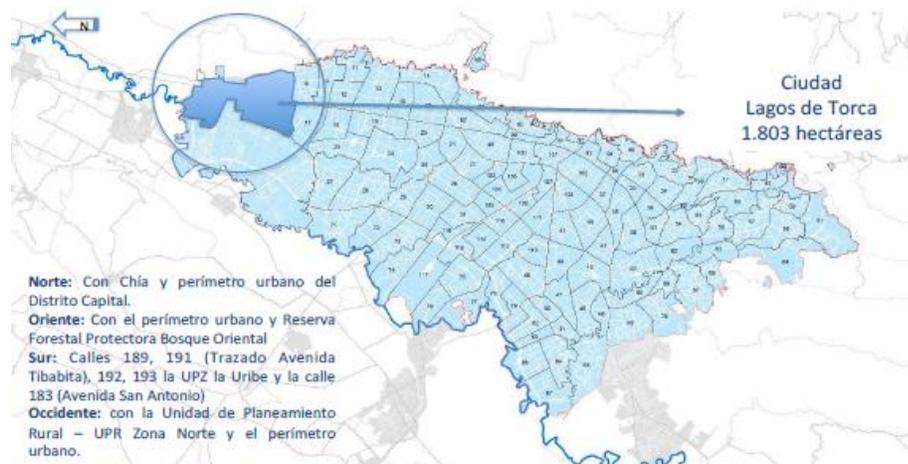
En el cuadro 5 y figura 27 se muestran los límites del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca -.

Cuadro 5. Límites POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca – Bogotá D.C.

DELIMITACIÓN	LÍMITE
Norte	Con el municipio de Chía y perímetro urbano del Distrito Capital
Oriente	Con el perímetro urbano del Distrito Capital y la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá
Sur	Con las calles 189, 191 (Trazado Avenida Tibabita), 192, 193, la Unidad de Planeamiento Zonal la Uribe y la calle 183 (Avenida San Antonio)
Occidente	Con el perímetro urbano y la Unidad de Planeamiento Rural – UPR Zona Norte que contiene la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. “Thomas van der Hammen”

Fuente: Decreto Distrital 088 de 2017

Figura 27. Ubicación y límites Ciudad Lagos de Torca

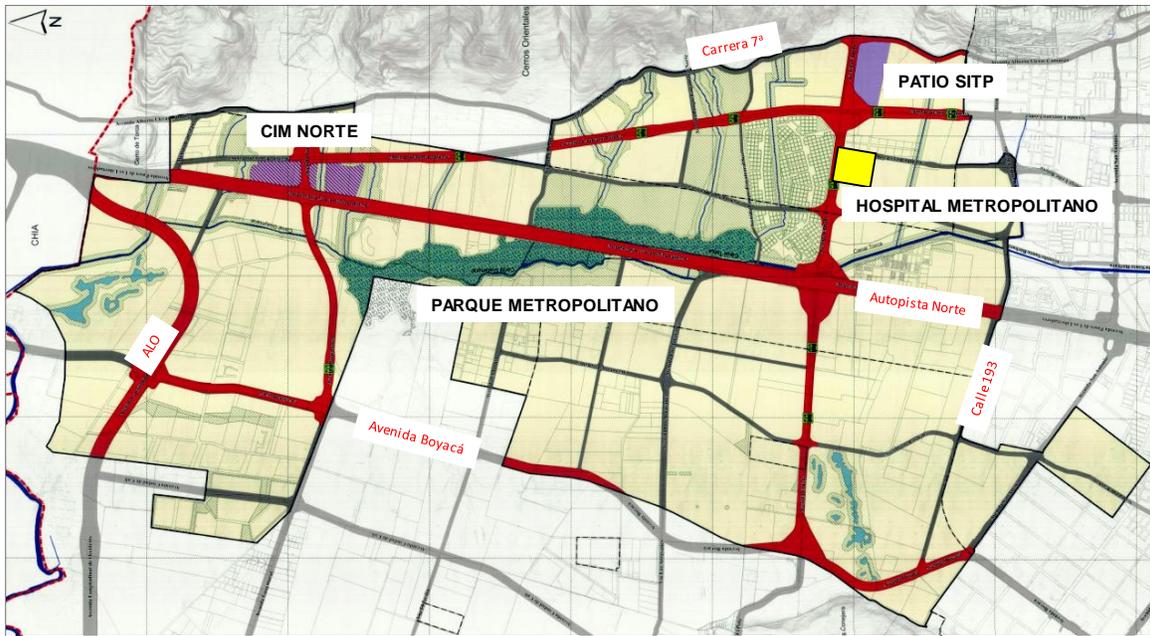


Fuente: Lagos de Torca –Memorando información. SDP 2017

El proyecto contempla la construcción 110 mil viviendas al norte de la ciudad (aproximadamente 300 mil habitantes), de las cuales el 40% serán de Interés Prioritario (VIP) y de Interés Social (VIS).

Adicionalmente, se construirá la nueva sede del Hospital Simón Bolívar y el Centro de Intercambio Modal del Norte -CIM Norte -. La figura 28 muestra las principales infraestructuras propuestas.

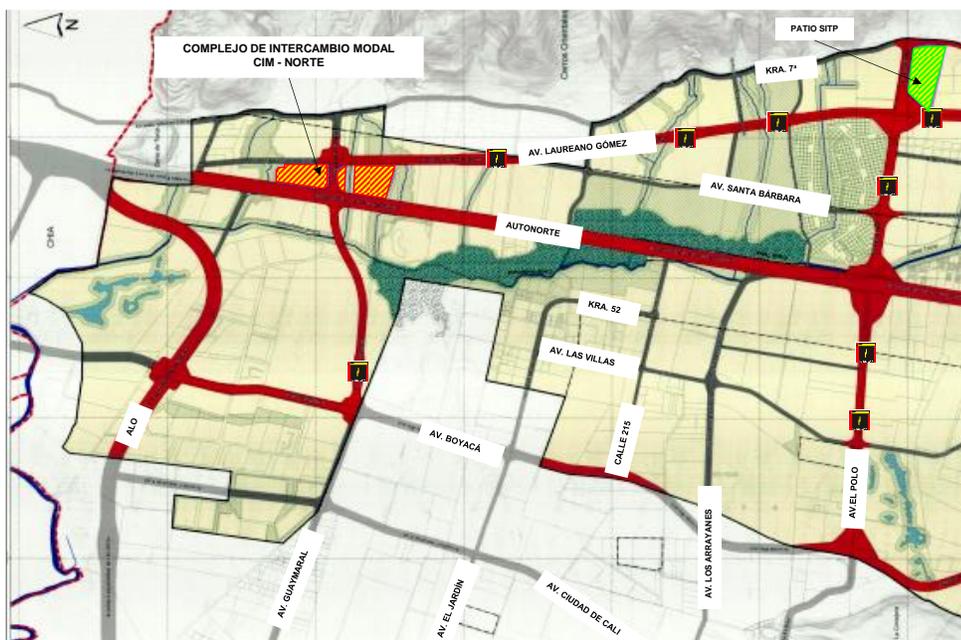
Figura 28. Principales infraestructuras propuestas Ciudad Lagos de Torca



Fuente: Lagos de Torca –Memorando información. SDP 2017

En cuanto a infraestructura para el transporte, se plantean troncales del Sistema Transmilenio sobre las Avenidas Paseo de los Libertadores (Autopista Norte), Boyacá, Laureano Gómez (Carrera 9ª), Polo (Calle 201) y Guaymaral (Calle 235). Adicionalmente, la Avenida Paseo de los Libertadores (Autopista Norte) prevé en su perfil la expansión del Metro hasta el Complejo de Intercambio Modal. De esta forma se genera una red en la que el 90% de los ciudadanos no tendrán que caminar más de 600 metros para llegar a una troncal de transporte público masivo. Este sistema se complementa con la red de ciclorrutas definidas como una obligación para todos los perfiles viales. La figura 29 muestra el Subsistema de Transporte planteado.

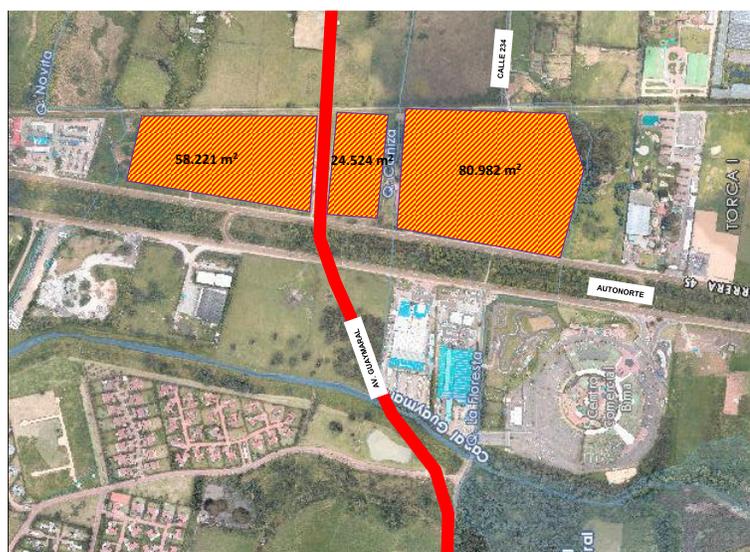
Figura 29. Subsistema de Transporte “Ciudad Lagos de Torca”



Fuente: Decreto distrital 088 de 2017 “Por medio del cual se establecen las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte – “Ciudad Lagos de Torca” y se dictan otras disposiciones”

El área dispuesta para la implantación del CIM Norte cuenta aproximadamente con 160.000 m² y se ubica en el costado oriental de la Avenida Paseo de Los Libertadores (Autopista Norte) a la altura de la calle 235 (Avenida Guaymaral), como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Ubicación CIM Norte



Fuente: Elaboración propia a partir de IDECA y Decreto distrital 088 de 2017

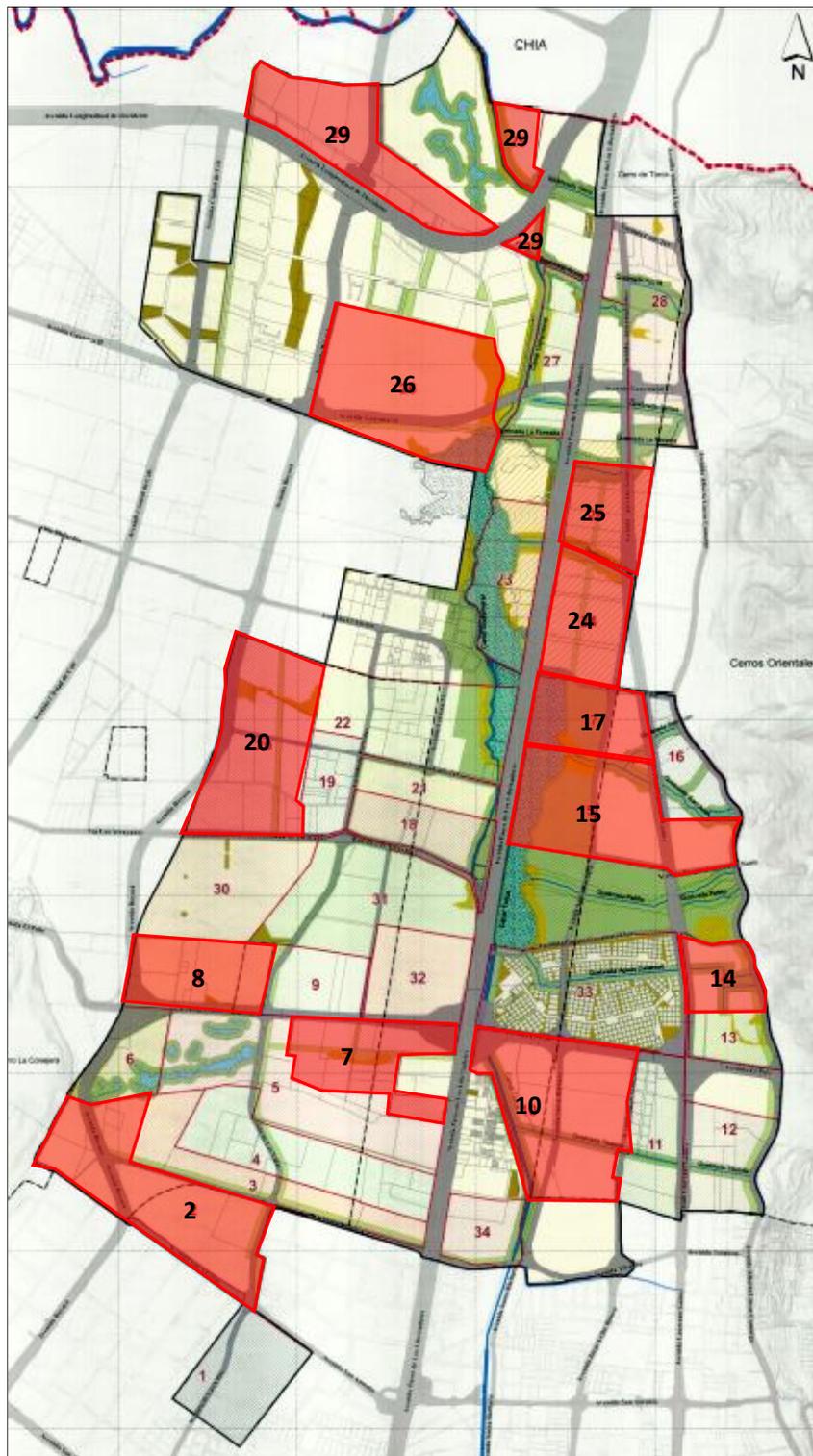
De acuerdo con lo establecido en el artículo 139 del Plan de Desarrollo Distrital - Acuerdo 645 de 2016, Transmilenio S.A. o la entidad que designe el gobierno distrital, podrá realizar la construcción y operación del CIM a través de terceros y mediante mecanismos de concesión, asociaciones público-privadas, entre otros.

3.1.1.1. Usos del suelo propuestos

Teniendo en cuenta que es potestad de la Administración Municipal, adoptar nuevos usos del suelo, mediante los Planes de Ordenamiento Zonal, para Ciudad Lagos de Torca, el área de intervención se ha dividido en 34 Planes Parciales, entendidos estos como el instrumento mediante el cual se desarrollan y se complementan las disposiciones del POT (Ley 388 de 1997, art 19).

En cada Plan Parcial, de los 34 en los que se ha dividido el POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca –, se podrán desarrollar usos residenciales, comerciales (locales, urbanos, zonales y metropolitanos) y de equipamientos, cuya cantidad dependerá de los derechos adquiridos por cesiones para obras de carga general y aportes en dinero por particulares. La Figura 31 muestra la delimitación de los Planes Parciales que hacen parte del POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca -, resaltando los que a febrero de 2019 se encuentran en estudio para su adopción por parte de la Administración Municipal a través de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP).

Figura 31. Delimitación Planes Parciales Ciudad Lagos de Torca



Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto Distrital 088 de 2017

De acuerdo a lo anterior, los Planes Parciales que actualmente se encuentran en proceso de adopción han propuesto diferentes usos del suelo en su interior; a manera esquemática, la figura 32 muestra la disposición vial de algunos de ellos.

Figura 32. Planteamiento urbanístico preliminar de Planes Parciales – Ciudad Lagos de Torca



Fuente: Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C. 2019

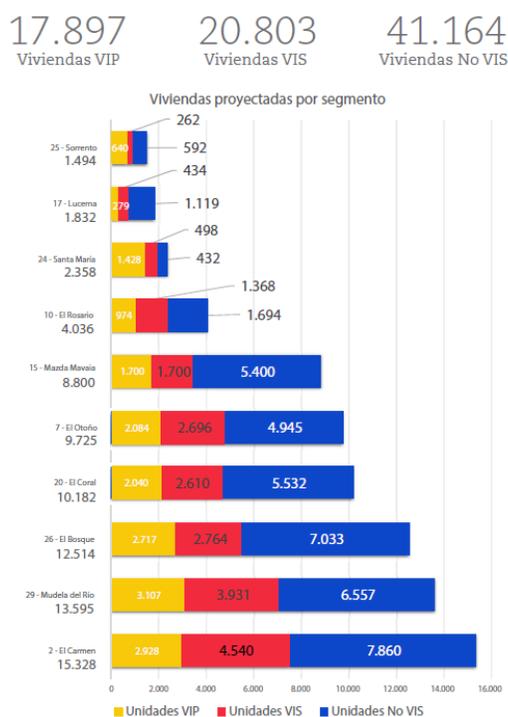
La decisión de permitir usos diferentes a los establecidos en el POT para los Planes Parciales del POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca – busca generar las unidades de vivienda planteadas, las zonas comerciales requeridas para satisfacer las necesidades de sus habitantes, los equipamientos necesarios y las zonas públicas de articulación del Plan, de forma tal que se reduzcan las distancias de los viajes regulares y se incentiven los modos de transporte no motorizado.

3.1.1.1.2. Viviendas a ofrecer

De acuerdo al boletín No. 93 “Análisis demográfico y proyecciones poblacionales de Bogotá” de la Secretaría Distrital de Planeación (marzo de 2018), el déficit de viviendas para la ciudad de Bogotá en el año 2030 será de 967.384 unidades. En el POZ Norte – Ciudad Lagos de Torca – se estima que se construirán 128.000 unidades de vivienda, de las cuales, aproximadamente el 40% serán tipo VIS (Vivienda de Interés Social) y VIP (Vivienda de Interés Prioritario), sectores poblacionales con las mayores necesidades.

A febrero de 2019, los Planes Parciales en estudio, proponen la construcción de 79.867 unidades de vivienda, distribuidas por tipo y por Plan Parcial, como se muestra en la figura 33.

Figura 33. Viviendas ofrecidas por tipo y Plan Parcial POZ Norte – Febrero de 2019

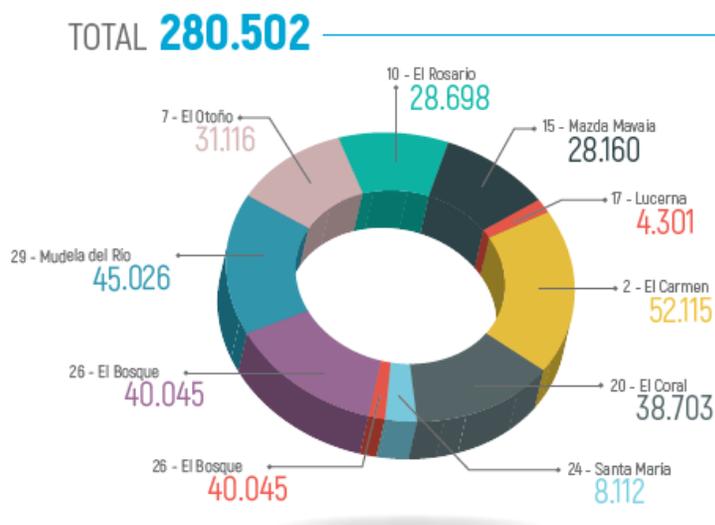


Fuente: Secretaría Distrital de Planeación

3.1.1.1.3. *Habitantes potenciales del sector*

De acuerdo al número de habitantes por unidad de vivienda en Bogotá, calculado en 2,73 (Análisis Demográfico y Proyecciones Poblacionales de Bogotá -SDP 2018) se estima que el número de habitantes del sector será de aproximadamente 349.440. Según cálculos de la Secretaría Distrital de Planeación el número de habitantes que albergarán las viviendas, hasta ahora propuestas, asciende a 280.502, distribuidos por Plan Parcial de acuerdo a lo mostrado en la figura 31.

Figura 34. Habitantes totales y por Plan Parcial – POZ Norte – Febrero de 2019

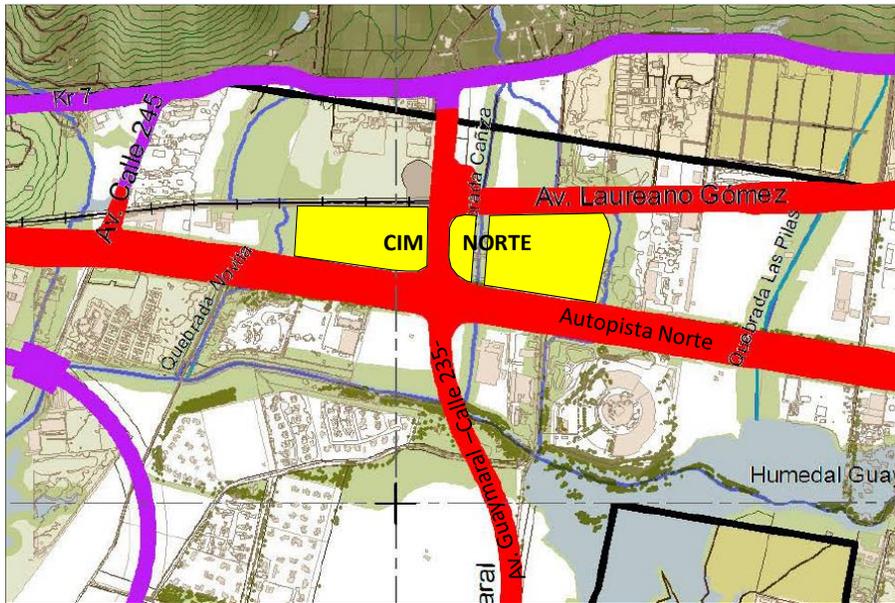


Fuente: Secretaría Distrital de Planeación

3.1.1.2 *Ubicación del CIM Norte y zona de influencia*

El Complejo de Intercambio Modal del Norte (CIM Norte) estará ubicado en el costado occidental de la Avenida Paseo de Los Libertadores (Autopista Norte) a la altura de la Calle 235 – Avenida Guaymaral, como se muestra en la figura.

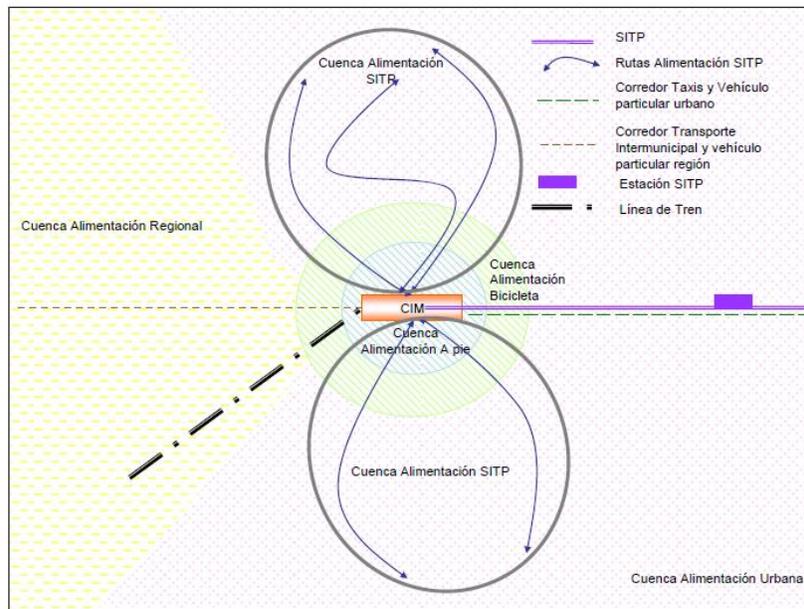
Figura 35. Ubicación CIM Norte



Fuente: Elaboración propia a partir del Decreto Distrital 088 de 2017

La ubicación seleccionada se encuentra en el límite norte de la ciudad. La figura 36, extraída de la publicación “Destino Capital Movilidad Sostenible” de la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C. 2009, muestra el esquema de cuencas para los modos de transporte urbano y los corredores para transporte intermunicipal de un intercambiador modal periférico, como el tratado en el presente estudio.

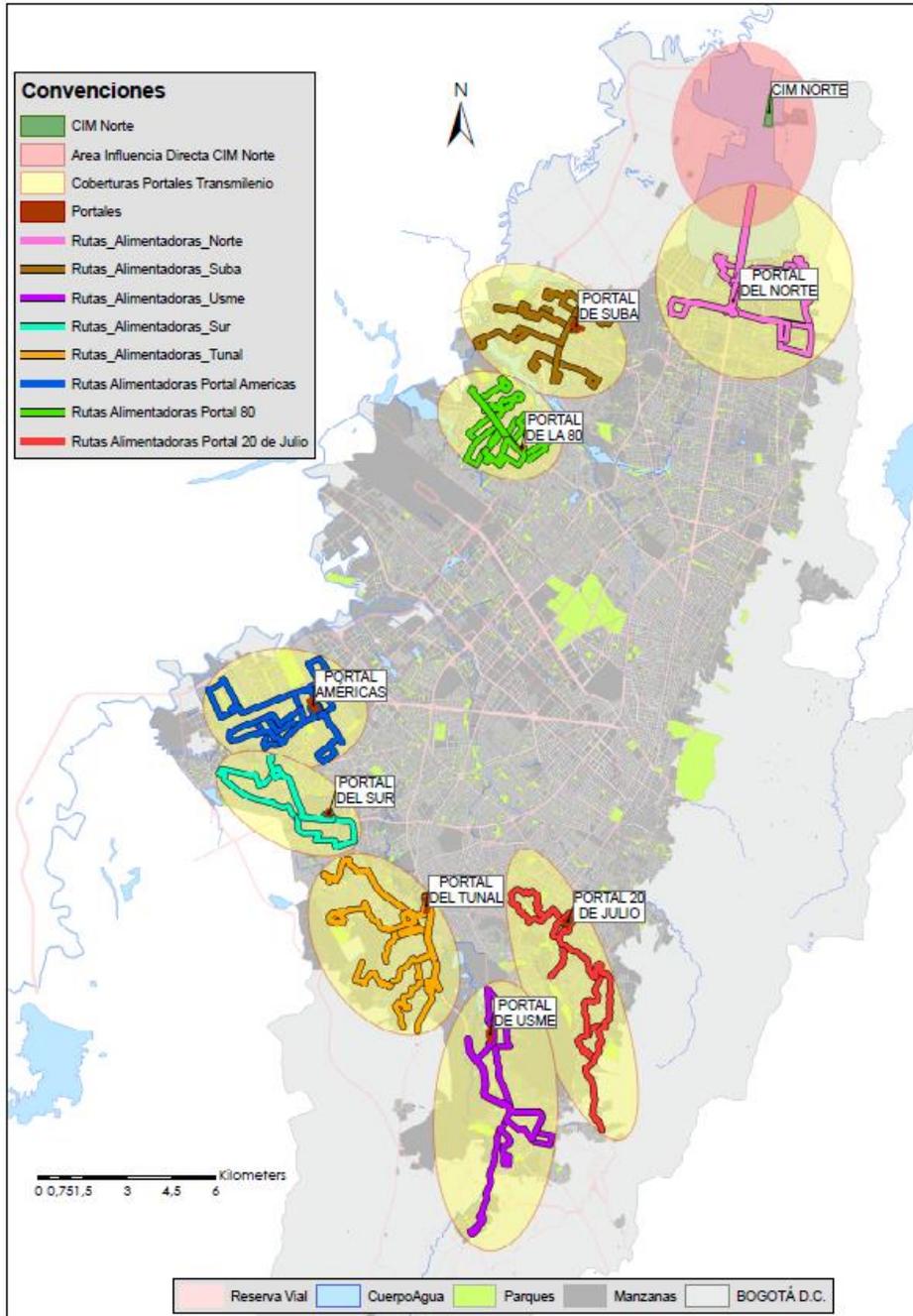
Figura 36. Esquema de cuencas y corredores de un intercambiador modal periférico



Fuente: Destino Capital. Movilidad Sostenible. DAPD 2009

Para el caso del CIM Norte, el área de influencia directa serán las cuencas de alimentación de los modos urbanos (alimentadores Transmilenio, SITP, bicicleta y caminata). La figura 37 muestra las cuencas de alimentación de los portales del Sistema Transmilenio existentes en la ciudad y su correspondencia con lo adoptado para el CIM Norte en cuanto a la zona urbana.

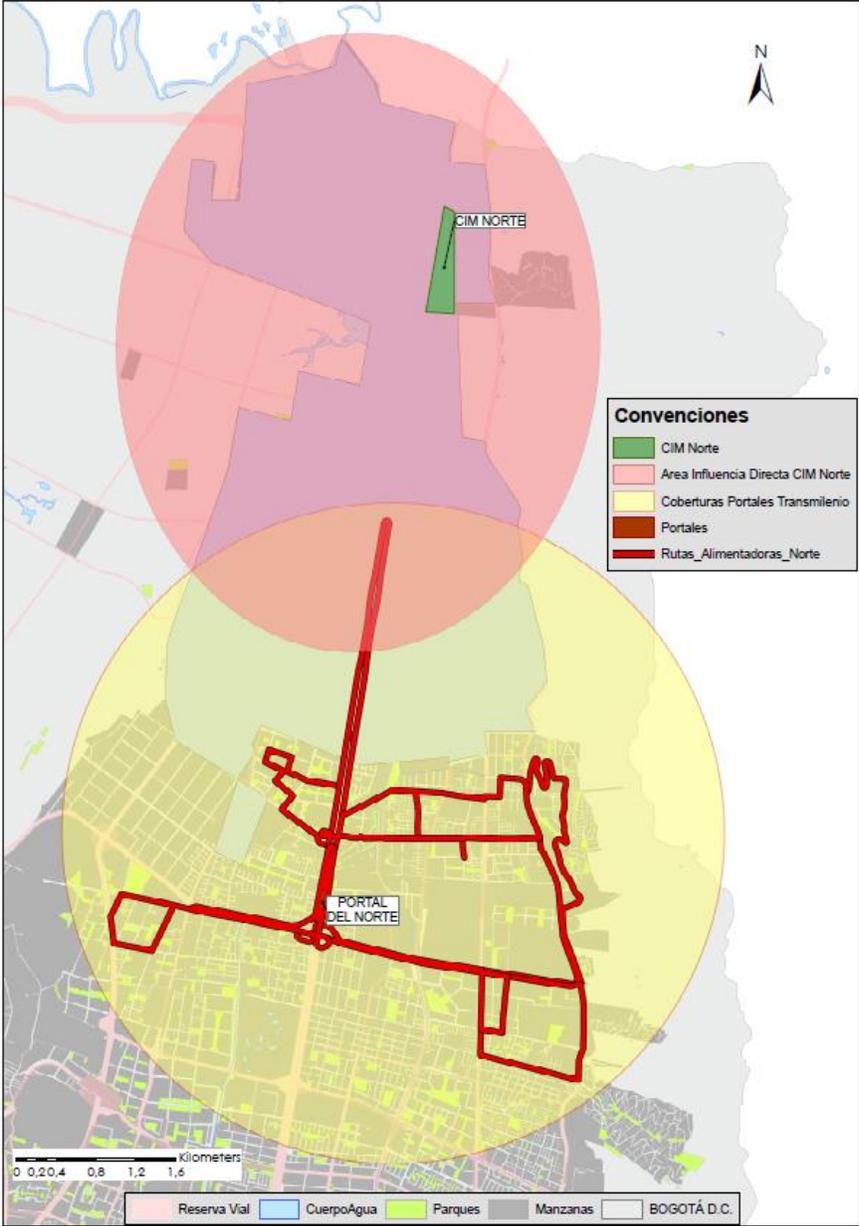
Figura 37. Cobertura del servicio de alimentadores para los portales de Transmilenio



Fuente: Elaboración propia

Según lo mostrado en la figura, la zona de influencia directa del CIM Norte abarcará la zona norte del Plan Zonal Ciudad Lagos de Torca, siendo su comportamiento operativo equiparable a lo existente en el Portal Norte del Sistema Transmilenio. La figura 38 muestra la zona de influencia directa establecida para la nueva infraestructura.

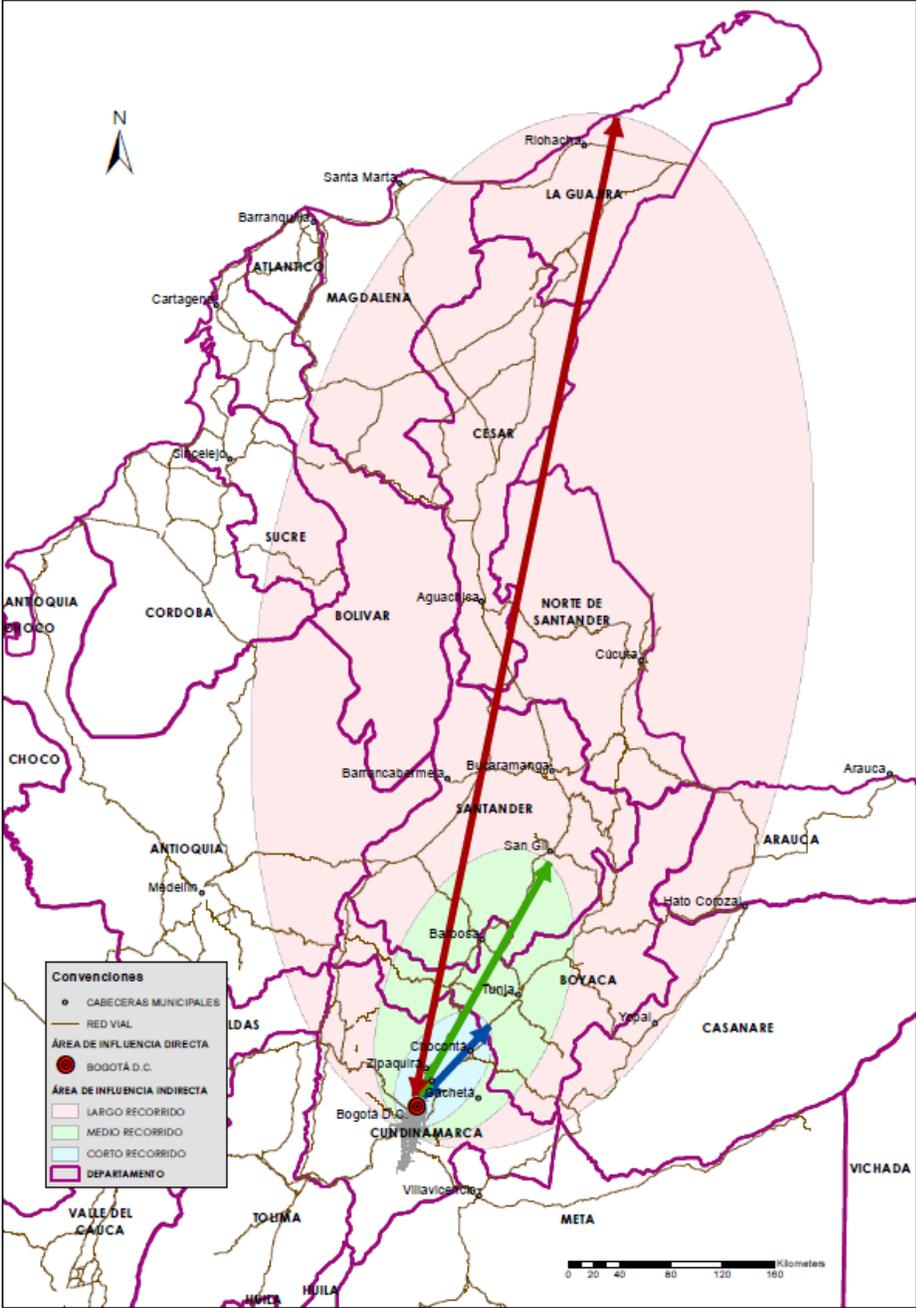
Figura 38. Área de influencia directa CIM Norte



Fuente: Elaboración propia

Como zona de influencia indirecta se adopta el área urbana de Bogotá D.C. y los municipios de corta, mediana y larga distancia hacia el norte de la ciudad, toda vez que el CIM Norte será el punto de partida y de llegada de la totalidad de los viajes realizados en el servicio público colectivo de transporte terrestre hacia y desde el norte del país, como lo muestra la figura 39.

Figura 39. Áreas de influencia CIM Norte Bogotá



Fuente: Elaboración propia

3.2 Modos a integrar y definición de infraestructuras modelo

3.2.1 Modos a integrar en el CIM Norte de Bogotá D.C.

De acuerdo a lo planteado en los capítulos precedentes, los modos de transporte que se articularán en el Complejo de Intercambio Modal del Norte serán:

3.2.1.1 Alimentadores del Sistema Transmilenio

Los vehículos Alimentadores del Sistema Transmilenio constituyen el componente que transporta a los usuarios desde y hacia portales y estaciones intermedias o de transferencia del Sistema, su servicio está limitado a la cuenca de alimentación, como se mostró en la figura 37. A su vez, los portales son infraestructuras ubicadas en la periferia de la ciudad donde se inician y finalizan los recorridos de los vehículos articulados, también llamados troncales o BRT y las estaciones de transferencia son estaciones del sistema en donde se puede realizar cambio modal entre alimentadores y servicios troncales.

Figura 40. Vehículo alimentador Sistema Transmilenio



Fuente: www.transmilenio.gov.co

Características:

- Su color característico es el verde
- Sirve para movilizarse desde y hacia zonas aledañas a los portales y estaciones intermedias del Sistema TransMilenio.
- El valor del pasaje está integrado a la tarifa troncal
- Tipo de Vehículo: carente de articulación y del tamaño de un bus normal. Tienen una capacidad promedio de 90 personas.

3.2.1.2 Vehículos articulados (troncales) del Sistema Transmilenio

Son las unidades transportadoras de usuarios que realizan sus recorridos sobre las vías troncales del Sistema Transmilenio uniendo las diferentes estaciones.

Figura 41. Vehículo articulado Sistema Transmilenio



Fuente: www.transmilenio.gov.co

Características:

- Su color característico es el rojo
- Sirve para movilizarse por las troncales de la ciudad
- Es un servicio que se paga con tarjeta inteligente en las estaciones y portales
- Tipo de vehículo: Actualmente se usa dos tipos de vehículos en el Sistema TransMilenio: los articulados y los biarticulados
 - Articulados: Como su nombre lo dice estos vehículos cuentan con una articulación en el medio, de color gris, llamado fuele. Su capacidad promedio es de 160 pasajeros, cuentan con tableros electrónicos y sistema de voz electrónico para indicar próximas paradas. En la parte frontal exterior y hacia el lado de las puertas del articulado hay tableros electrónicos que indican el número de ruta y el destino del vehículo.
 - Biarticulados: Como su nombre lo indica estos vehículos cuentan con dos articulaciones. Su capacidad promedio es de 250 pasajeros. Cuentan con tableros electrónicos internos y externos y sistema de voz electrónico para indicar próximas paradas. Los buses biarticulados de TransMilenio tienen una longitud de 27 metros y 20 centímetros convirtiéndose así en el bus biarticulado más largo del mundo.

3.2.1.3 Servicio de transporte intermunicipal de corto recorrido

Es el servicio de transporte público colectivo que cubre la demanda de usuarios provenientes de municipios cercanos a la ciudad de Bogotá D.C. desde y hacia el norte del departamento de Cundinamarca, para efectos de este trabajo, se han considerado como corta distancia los siguientes municipios: Cajicá, Chía, Cogua, Zipaquirá, Tocancipá, Gachancipá, Guatavita, Nemocón, Sesquilé, Sopó, Tabio, Tenjo, Ubaté, Guachetá, Lenguazaque, Chocontá y Villapinzón.

Figura 42. Vehículo intermunicipal de corto recorrido



Fuente: www.google.com

Este servicio es prestado en su mayoría por vehículos pequeños que realizan varios viajes al día, entendido un viaje como un recorrido de ida y vuelta, pernodiando en su municipio de origen. La capacidad media de este tipo de vehículos es de 20 pasajeros.

3.2.1.4 Servicio de transporte intermunicipal de medio y largo recorrido

Esta modalidad de transporte terrestre es prestada por vehículos tipo bus, con capacidad para entre 40 y 60 pasajeros, cubriendo recorridos hacia los municipios del departamento de Boyacá y norte del país.

Figura 43. Buses intermunicipales de medio y largo recorrido



Fuente: www.semana.com

Se caracteriza porque sus usuarios transportan, en muchas ocasiones, grandes equipajes.

3.2.1.5 Usuarios provenientes del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)

También conocido como Servicio Urbano, es servido por vehículos que transitan por las principales vías de la ciudad, no troncales, conectando los paraderos establecidos.

Figura 44. Vehículo SITP



Fuente: www.transmilenio.gov.co

Características:

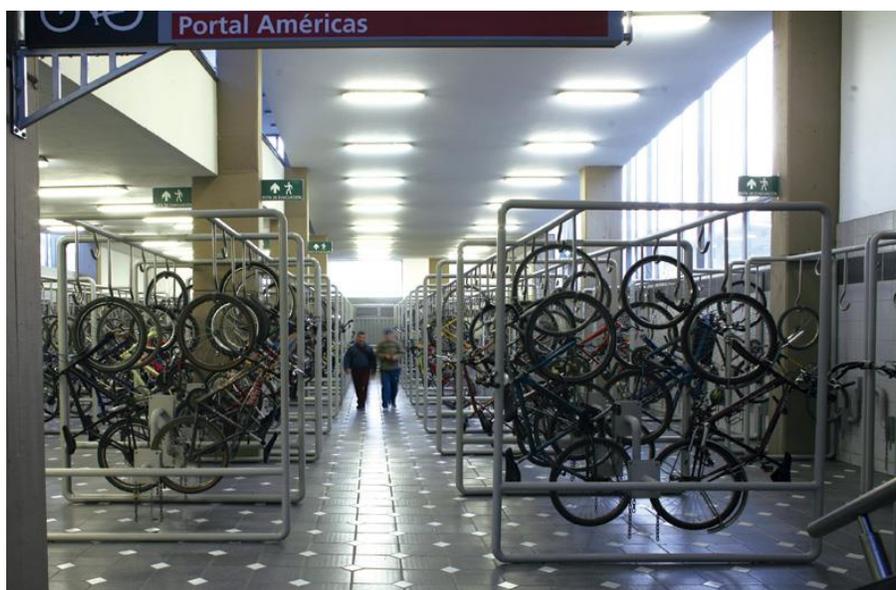
- Su color característico es el azul (aunque existen servicios complementarios de color naranja y especiales de color vinotinto)
- Sirve para movilizarse por las principales vías de la ciudad en carriles mixtos (no troncales)
- El pago se realiza en los vehículos con tarjeta inteligente

- Tipo de vehículo: Bus de 80 pasajeros, Busetón con capacidad entre 40 y 50 pasajeros, y Microbús con capacidad de 19 pasajeros

3.2.1.6 Usuarios provenientes del modo bicicleta

Son los usuarios que se integrarán llegando o saliendo en bicicleta. Para estimular el uso de este modo se implementan lugares, en la infraestructura, donde los usuarios pueden dejar su bicicleta en forma segura y gratuita.

Figura 45. Biciparqueadero Portal Américas - Transmilenio



Fuente: Transmilenio.gov.co

3.2.1.7 Usuarios a pie

Son los usuarios que ingresan a la infraestructura “caminando”, pueden proceder de vehículos tipo taxi, SITP, bicicleta, vehículo particular o en modo caminata.

Figura 46. Usuarios ingresando al Portal Norte a pie



Fuente: www.elespectador.com

Como se mencionó, no se tienen en cuenta modos férreos (metro, tren de cercanías, etc.) para el cálculo de demandas de estos modos, ya que no se prevé su implementación en el periodo de diseño adoptado que para el caso es de 30 años, siendo esta un condicionante de la aplicación de la metodología planteada; sin embargo, se presentará esquemáticamente su posible integración a la infraestructura.

3.2.2 Infraestructuras modelo para el cálculo de la demanda actual

Para el CIM Norte de Bogotá D.C., en lo referente a los tres (3) primeros modos a integrar (alimentadores Transmilenio, articulados de Transmilenio e intermunicipales de corto recorrido), en la actualidad en el Portal Norte de Transmilenio se da su integración, por lo cual se seleccionó esta infraestructura como modelo para el cálculo de las variables requeridas.

La información del servicio de intermunicipales de medio y largo recorrido se obtuvo del Estudio para el Dimensionamiento del Terminal Satélite del Norte, adelantado por la empresa Terminal de Transporte de Bogotá en el año 2008.

El servicio de vehículos zonales del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) se caracterizó en forma directa en los paraderos aledaños al Portal Norte de Transmilenio.

Para la estimación de Biciusuarios se caracterizó, en forma directa, el biciparqueadero del Portal Américas de Transmilenio, teniendo en cuenta que es la mayor infraestructura de este tipo del Sistema.

Los usuarios que ingresan y salen en modo caminata fueron contabilizados, en forma directa, en los accesos y salidas del Portal Norte de Transmilenio.

3.3 Caracterización de la demanda y la oferta actual por modo.

3.3.1 Movilización de pasajeros en el Portal Norte de Transmilenio.

Para conocer la demanda y la oferta actual del sistema de transporte público colectivo en la zona de estudio, se recolectó información primaria en el Portal Norte de Transmilenio, como infraestructura de intercambio modal existente.

La demanda se caracterizó a través de aforos de usuarios que ingresan al portal en buses alimentadores, vehículos articulados y vehículos intermunicipales. Si bien, también se caracterizaron los usuarios que abordan y descienden del Sistema Integrado de Transporte Público en los paraderos de este servicio, ubicados a lado y lado de la infraestructura, estos usuarios ingresan y salen del portal por los torniquetes peatonales.

La oferta se caracterizó mediante el aforo de todas las unidades transportadoras de los diferentes modos que convergen al Portal Norte en maniobras de salida y de llegada, atendiendo la demanda. La figura 47 muestra la ubicación de los puntos de toma de información.

Figura 47. Puntos de recolección de información Portal Norte – Transmilenio.



Fuente: elaboración propia a partir de www.transmilenio.gov.co

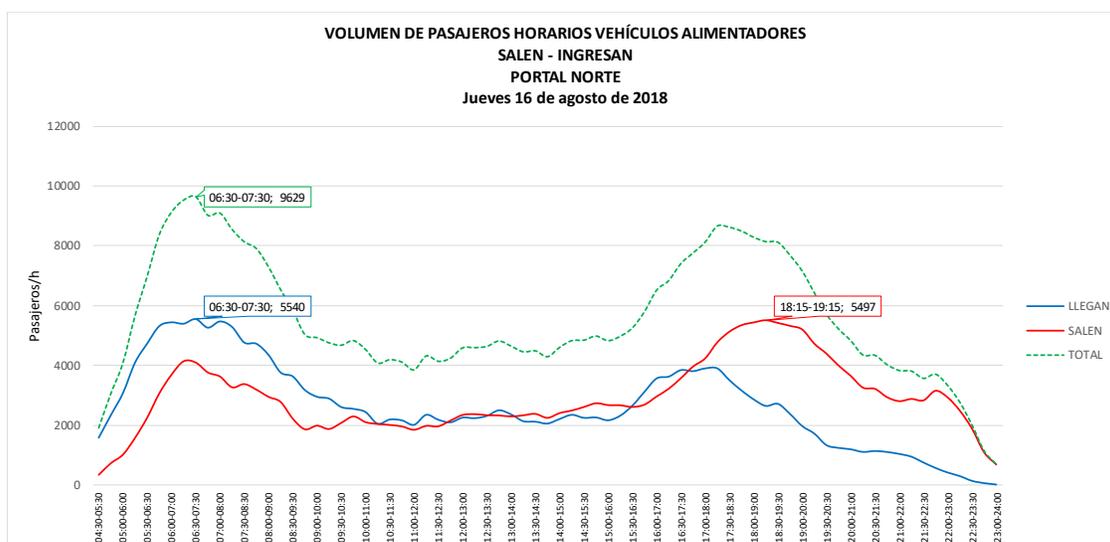
A continuación, se muestran los resultados para cada modo caracterizado.

3.3.1.1 Alimentadores

Para establecer la demanda del Sistema Transmilenio que llega y sale del Portal Norte a través del servicio de buses alimentadores, se llevó a cabo recolección de información primaria sobre movilización de pasajeros en el Portal Norte, durante todo el periodo de operación de los días jueves 16 de agosto, sábado 1 de septiembre y domingo 2 de septiembre de 2018.

La toma de información incluyó la totalidad de unidades alimentadoras y desalimentadoras del sistema. La figura 48 muestra el volumen de pasajeros en periodos de hora, registrado el día jueves 16 de agosto, que alimentan y desalimentan el sistema Transmilenio en el Portal Norte, mediante este tipo de vehículos.

Figura 48. Usuarios de vehículos alimentadores que ingresan y salen del Portal Norte día jueves

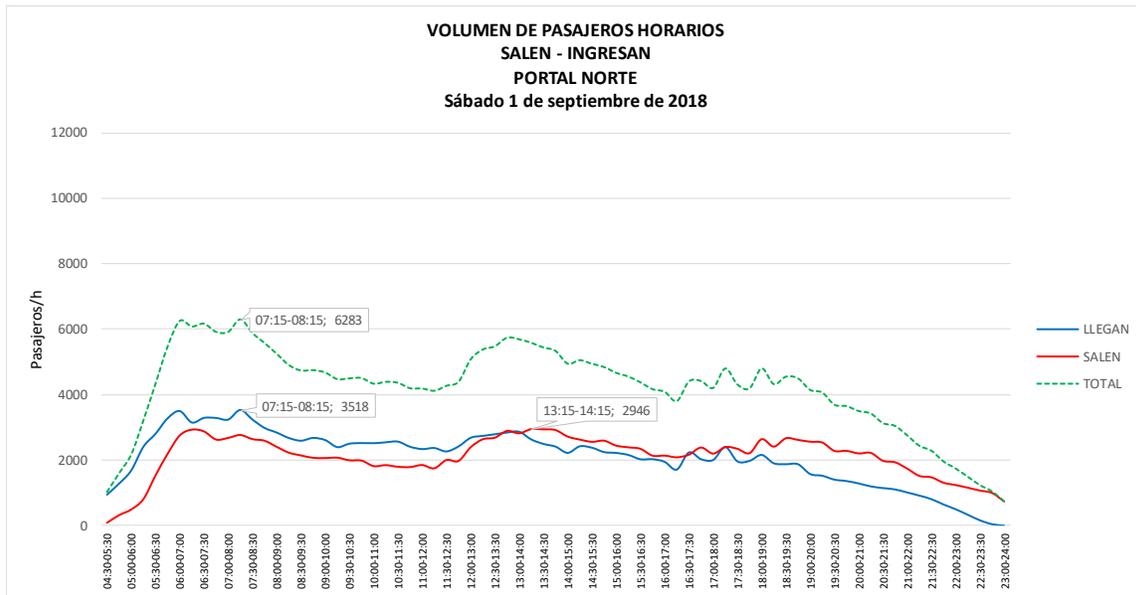


Fuente: Elaboración propia

Para el día jueves, el total de usuarios registrados llegando fue de 49808, de los cuales 5540 arribaron en la Hora de Máxima Demanda (HMD), identificada entre las 06:30 y las 07:30 horas. A su vez, el total de usuarios registrados saliendo fue de 54902 con 5497 en la HMD de esta maniobra, identificada entre las 18:15 y las 19:15 horas.

La figura 49 muestra el comportamiento para el día sábado.

Figura 49. Usuarios de vehículos alimentadores que ingresan y salen del portal norte día sábado

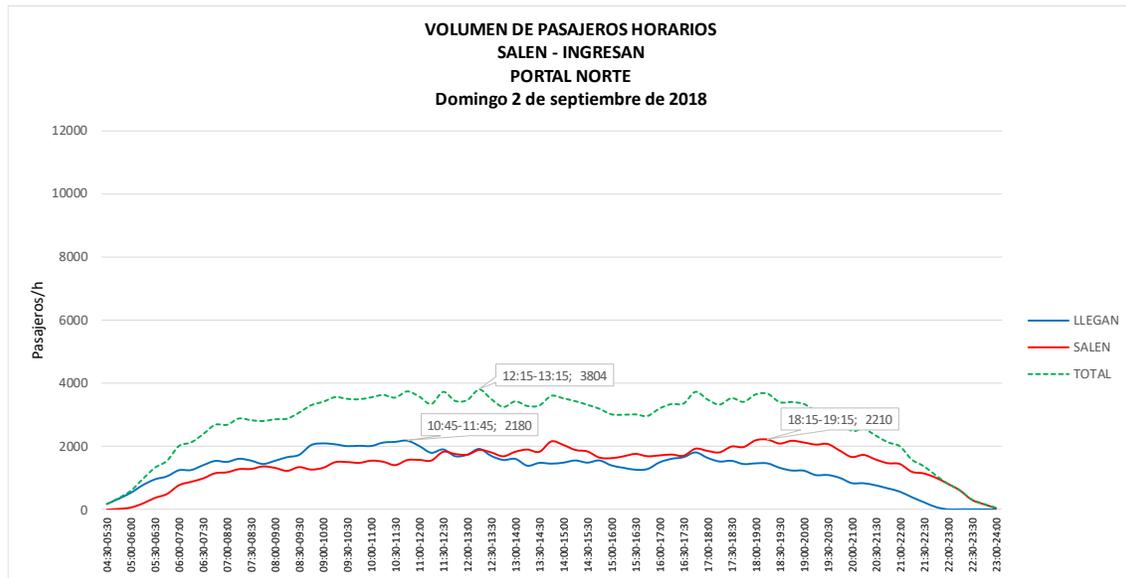


Fuente: Elaboración propia

Para el día sábado, el total de usuarios registrados llegando fue de 39375, de los cuales 3518 arribaron en la HMD, identificada entre las 07:15 y las 08:15 horas. A su vez, el total de usuarios registrados saliendo fue de 39848 con 2946 en la HMD de esta maniobra, identificada entre las 13:15 y las 14:15 horas. Se observa que el total de pasajeros contabilizado ingresando al sistema el día sábado corresponde al 79% de los contabilizados el día jueves; a su vez los usuarios contabilizados saliendo corresponden al 73% de los contabilizados el día jueves.

La figura 50 muestra el comportamiento para el día domingo.

Figura 50. Usuarios de vehículos alimentadores que ingresan y salen del portal norte día domingo



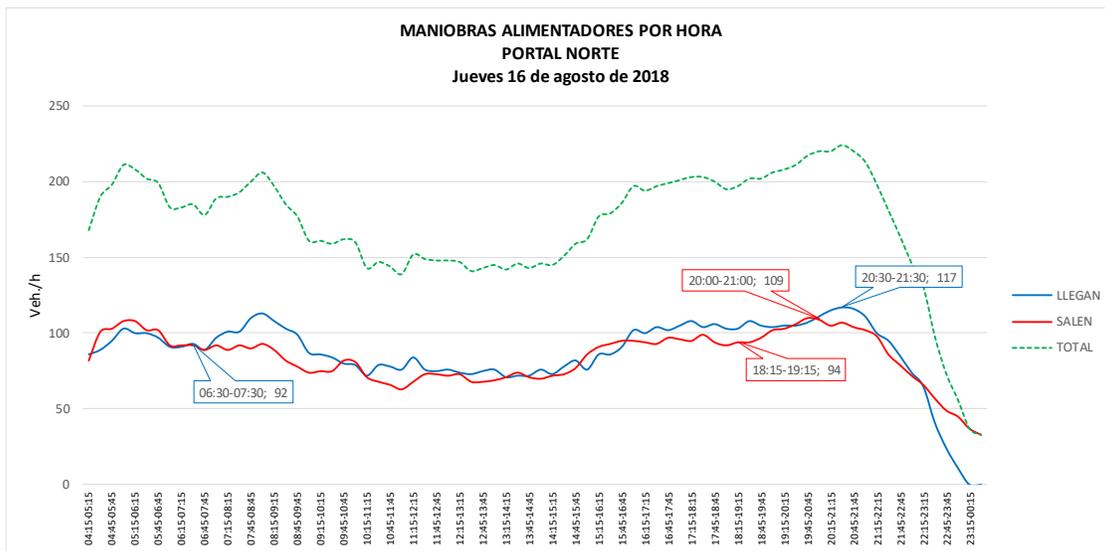
Fuente: Elaboración propia

El día domingo, el total de usuarios registrados llegando fue de 24360, de los cuales 2180 arribaron en la HMD, identificada entre las 10:45 y las 11:45 horas. A su vez, el total de usuarios registrados saliendo fue de 26841 con 2210 en la HMD de esta maniobra, identificada entre las 18:15 y las 19:15 horas. El total de pasajeros contabilizado ingresando al sistema el día domingo corresponde al 49% de los contabilizados el día jueves; a su vez, los usuarios contabilizados saliendo corresponden al 49% de los contabilizados el día jueves.

Teniendo en cuenta que los máximos valores se presentan el día entre semana, a continuación, se presentan los resultados obtenidos para los demás modos que se integran en la infraestructura este día.

En primera instancia, se calcularon las unidades transportadoras de vehículos alimentadores que satisficieron las demandas obtenidas. La figura 51 muestra los resultados obtenidos.

Figura 51. Unidades transportadoras de vehículos alimentadores en el Portal Norte día jueves



Fuente: Elaboración propia

El total de vehículos alimentadores, durante todo el periodo de operación, llegando al Portal Norte, fue de 1728 vehículos, para una ocupación promedio, durante el día, de 29 pasajeros/veh. A su vez, el total de vehículos saliendo fue de 1678, durante todo el periodo de operación, con una ocupación promedio de 32 pasajeros/veh. El periodo horario de mayor oferta llegando se presenta entre las 20:30 y las 21:30 horas con 117 vehículos y el de mayor oferta saliendo entre las 20:00 y las 21:00 horas con 109 vehículos. Se observa que, para el caso del periodo horario de mayor demanda identificado para usuarios llegando al sistema (06:30-07:30), las unidades contabilizadas fueron 92, para una ocupación promedio de 59 pasajeros/veh. En la HMD de pasajeros saliendo (18:15-19:15) el total de vehículos contabilizados fue de 94 para una ocupación promedio de 58 pasajeros/veh.

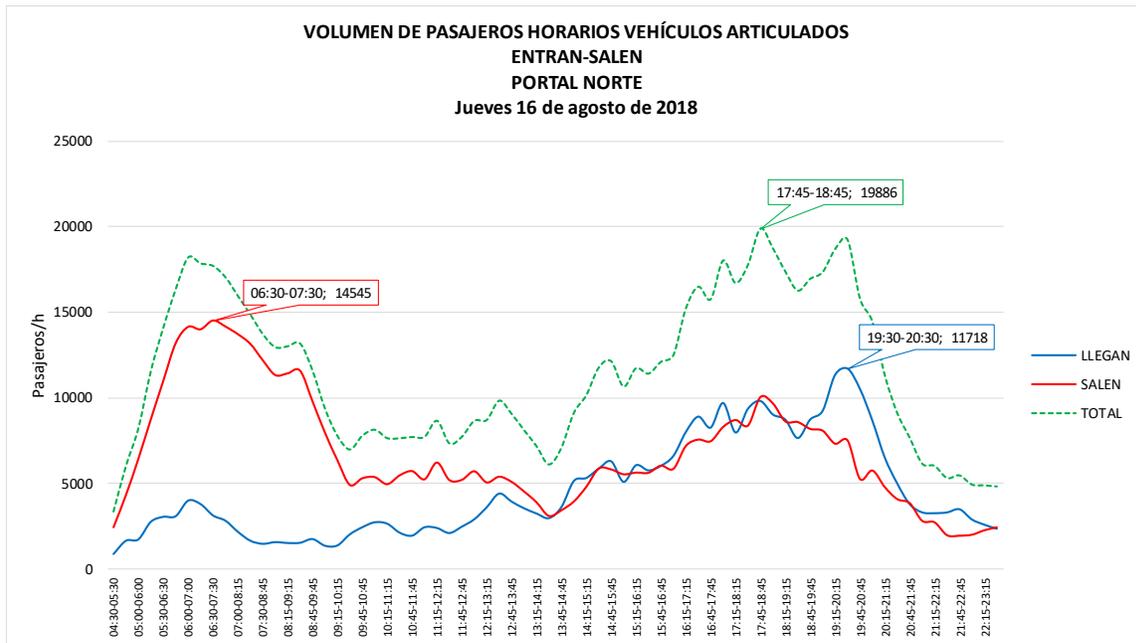
El comportamiento descrito en el párrafo anterior, según el cual, el mayor número de unidades transportadoras se presenta al final del día, para las dos (2) maniobras, se debe a que los vehículos alimentadores tienen su patio de recogida en cercanías al Portal Norte.

3.3.1.2 Articulados (Troncales)

Para caracterizar los usuarios que llegan y salen del Portal Norte mediante vehículos articulados, se recolectó información sobre volumen y ocupación visual de este tipo de vehículos, de cuyo procesamiento se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

La figura 52 muestra el comportamiento de la demanda hora a hora para las maniobras de salida y de llegada.

Figura 52. Usuarios de vehículos articulados que ingresan y salen del Portal Norte día jueves

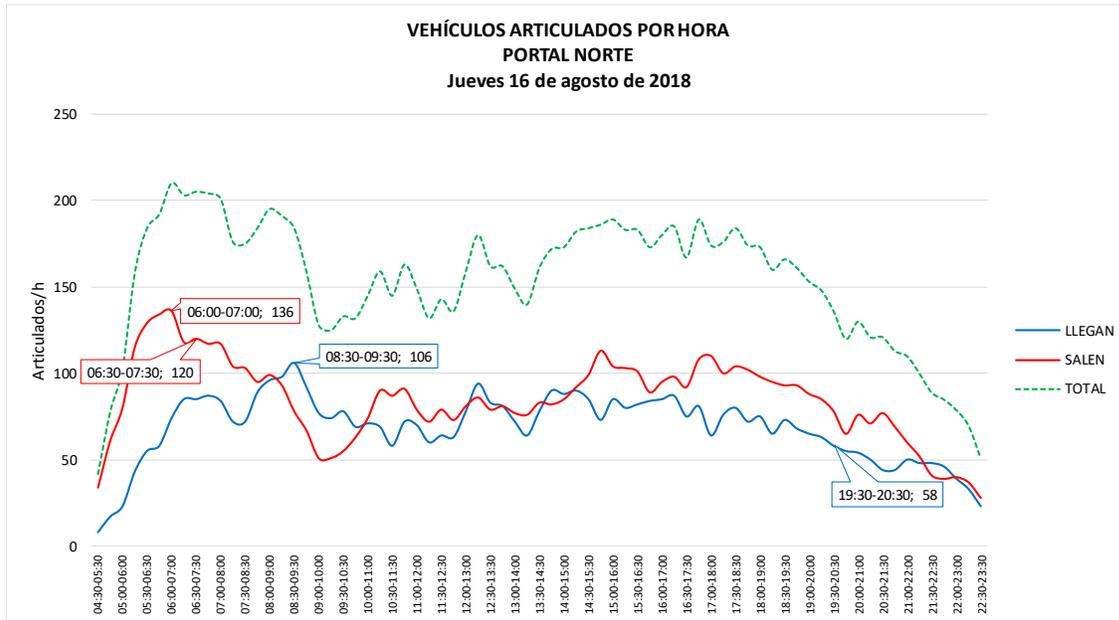


Fuente: Elaboración propia

El total de usuarios registrados llegando en vehículos articulados fue de 80994, de los cuales 11718 arribaron en la HMD, identificada entre las 19:30 y las 20:30 horas. A su vez, el total de usuarios registrados saliendo fue de 121301 con 14545 en la HMD de esta maniobra, identificada entre las 06:30 y las 07:30 horas.

El comportamiento de unidades transportadoras tipo articulados se muestra en la figura 53.

Figura 53. Unidades transportadoras de vehículos articulados en el Portal Norte día jueves



Fuente: Elaboración propia

El total de vehículos articulados, durante todo el periodo de operación, llegando al Portal Norte, fue de 1255 vehículos, para una ocupación promedio, durante el día, de 64 pasajeros/veh. A su vez, el total de vehículos saliendo fue de 1560, durante todo el periodo de operación, con una ocupación promedio de 77 pasajeros/veh. El periodo horario de mayor oferta llegando se presenta entre las 08:30 y las 09:30 horas con 106 vehículos y el de mayor oferta saliendo entre las 06:00 y las 07:00 horas con 136 vehículos. Se observa que, para el caso del periodo horario de mayor demanda identificado, para usuarios llegando al sistema (19:30-20:30), las unidades contabilizadas fueron 58, para una ocupación promedio de 202 pasajeros/veh. En la HMD de pasajeros saliendo (06:30-07:30) el total de vehículos contabilizados fue de 120 para una ocupación promedio de 121 pasajeros/veh.

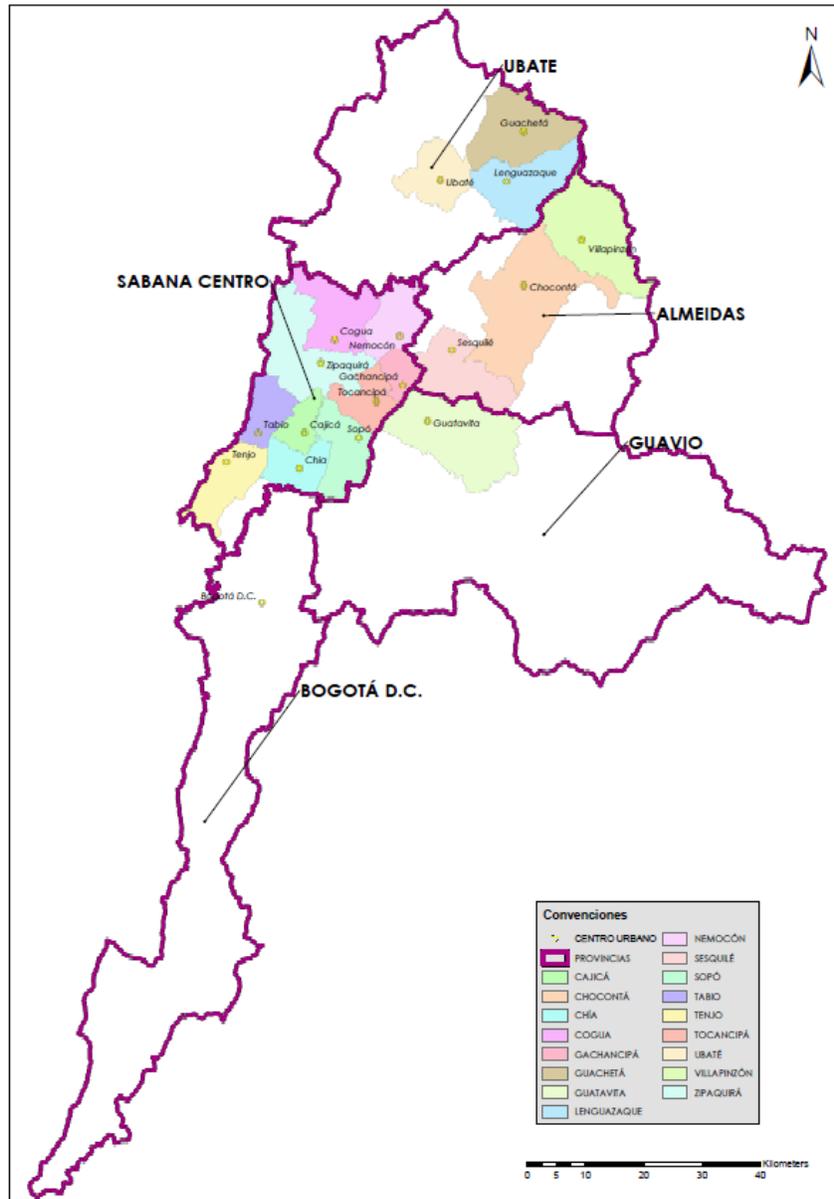
3.3.1.3 Intermunicipales de corto recorrido

De acuerdo al “Estudio de terminales satélites para el transporte interurbano de pasajeros”, adelantado para la empresa Terminal de Transporte S.A. por la firma IC Ingeniero Consultores en el año 2002, “Las poblaciones cercanas a Bogotá D.C se han constituido como ciudades dormitorio, en donde vive una gran cantidad de personas que trabajan o estudian en la ciudad. Ello ha implicado que deben existir facilidades para su movilización diaria de una manera ágil. Se caracterizan por frecuencias diarias de pasajeros, con distribuciones horarias que presentan picos en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas del día, con una mayor ocupación durante la semana. Por otra parte, son pasajeros que en su gran mayoría no portan equipaje y por lo tanto pueden

acceder sin problema al sistema Transmilenio para su distribución dentro de la ciudad. Por ello, los vehículos que prestan el servicio metropolitano son en su mayor parte busetas y colectivos de pequeño tamaño que, por sus cortos recorridos, pueden realizar varios viajes al día.”

Según las características mencionadas, para efectos de este estudio, se han considerado como corta distancia los siguientes destinos: Cajicá, Chía, Cogua, Zipaquirá, Tocancipá, Gachancipá, Guatavita, Nemocón, Sesquilé, Sopó, Tabio, Tenjo, Ubaté, Guachetá, Lenguazaque, Chocontá y Villapinzón. En la figura 54 se muestra la ubicación de estos municipios con respecto a Bogotá D.C. con el nombre de sus correspondientes provincias dentro del departamento de Cundinamarca.

Figura 54. Ubicación de municipios servidos con el servicio de intermunicipales de corto recorrido

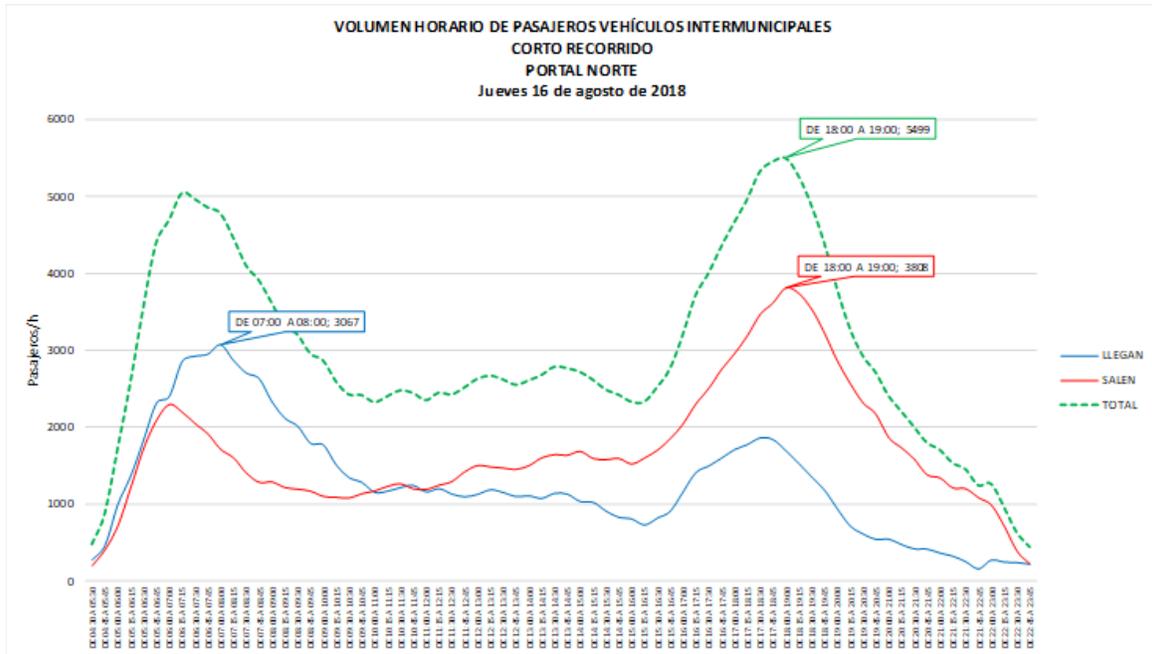


Fuente: Elaboración propia

Para caracterizar este modo, se recolectó información en las plataformas de llegada y de salida en el Portal Norte, durante todo el periodo de operación del día jueves 16 de agosto de 2018, identificando para cada unidad transportadora, el número de usuarios que abordaban o bajaban de ellas. En forma complementaria, se recolectó información en los sitios sobre la vía, al norte del Portal Norte, en los que este tipo de servicio recoge pasajeros, para tener un dato más real de la demanda.

La figura 55 muestra el comportamiento de los usuarios, hora a hora, para este tipo de servicio.

Figura 55. Usuarios de vehículos intermunicipales que ingresan al Portal Norte y salen del Portal Norte y en vía, día jueves

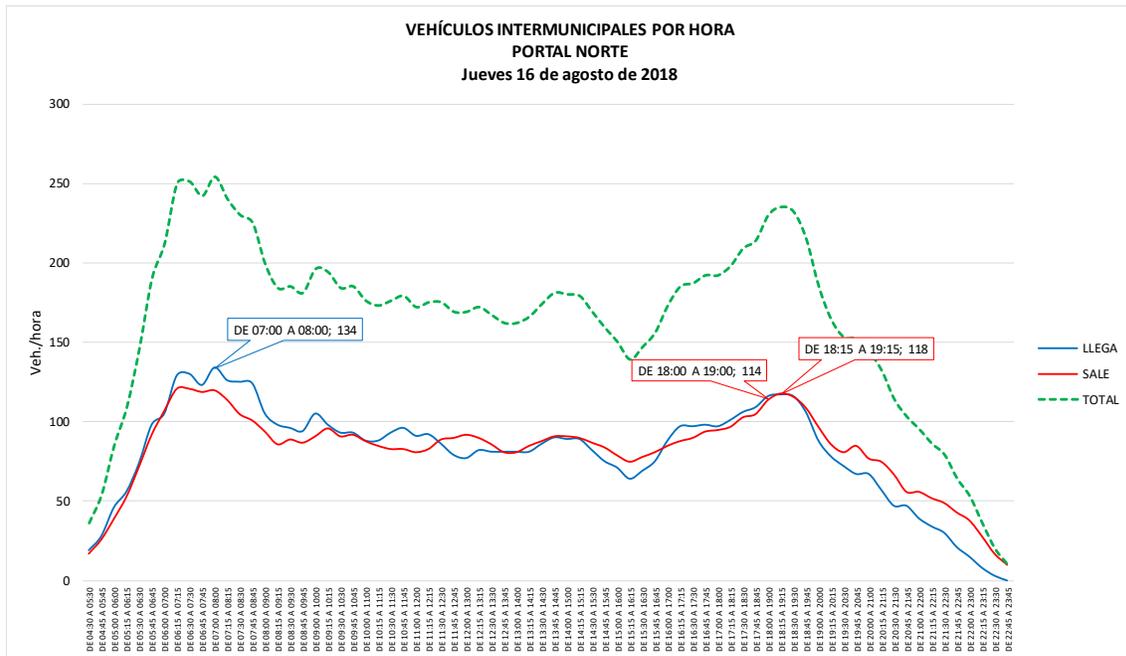


Fuente: Elaboración propia

Durante el día jueves, el total de usuarios registrados llegando en vehículos intermunicipales fue de 23440, de los cuales 3067 arribaron en la HMD, identificada entre las 07:00 y las 08:00 horas. A su vez, el total de usuarios registrados saliendo fue de 38051 con 3808 en la HMD de esta maniobra, identificada entre las 18:00 y las 19:00 horas.

El comportamiento de unidades transportadoras tipo intermunicipales de corto recorrido se muestra en la figura 56.

Figura 56. Unidades transportadoras de vehículos intermunicipales en el Portal Norte día jueves



Fuente: Elaboración propia

El total de vehículos intermunicipales de corto recorrido, durante todo el periodo de operación, llegando al Portal Norte, fue de 1504 vehículos, para una ocupación promedio, durante el día, de 16 pasajeros/veh. A su vez, el total de vehículos saliendo fue de 1531, durante todo el periodo de operación, con una ocupación promedio de 25 pasajeros/veh. El periodo horario de mayor oferta llegando se presenta entre las 07:00 y las 08:00 horas con 134 vehículos y el de mayor oferta saliendo entre las 18:15 y las 19:15 horas con 118 vehículos. Se observa que, para el caso del periodo horario de mayor demanda identificado para usuarios llegando al sistema (07:00-08:00), las unidades contabilizadas fueron 134, para una ocupación promedio de 23 pasajeros/veh. En la HMD de pasajeros saliendo (18:00-19:00) el total de vehículos contabilizados fue de 114 para una ocupación promedio de 33 pasajeros/veh.

3.3.1.4 Demanda y oferta actual en el Portal Norte de Transmilenio

Figura 57. Sistema Transmilenio

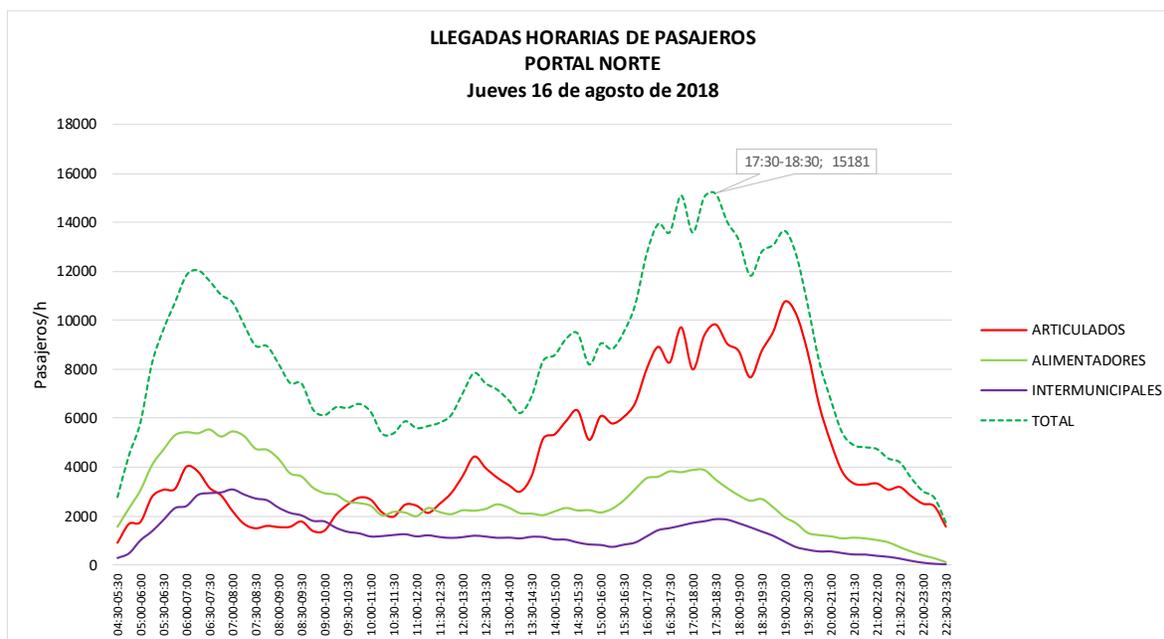


Fuente: www.transmilenio.gov.co

Una vez caracterizados cada uno de los modos que en la actualidad se integran en el Portal Norte, se presenta a continuación la información agregada.

La figura 58 muestra el total de usuarios llegando al Portal Norte en los diferentes modos, en periodos horarios, durante el día jueves 16 de agosto.

Figura 58. Llegadas totales de pasajeros al Portal Norte día jueves

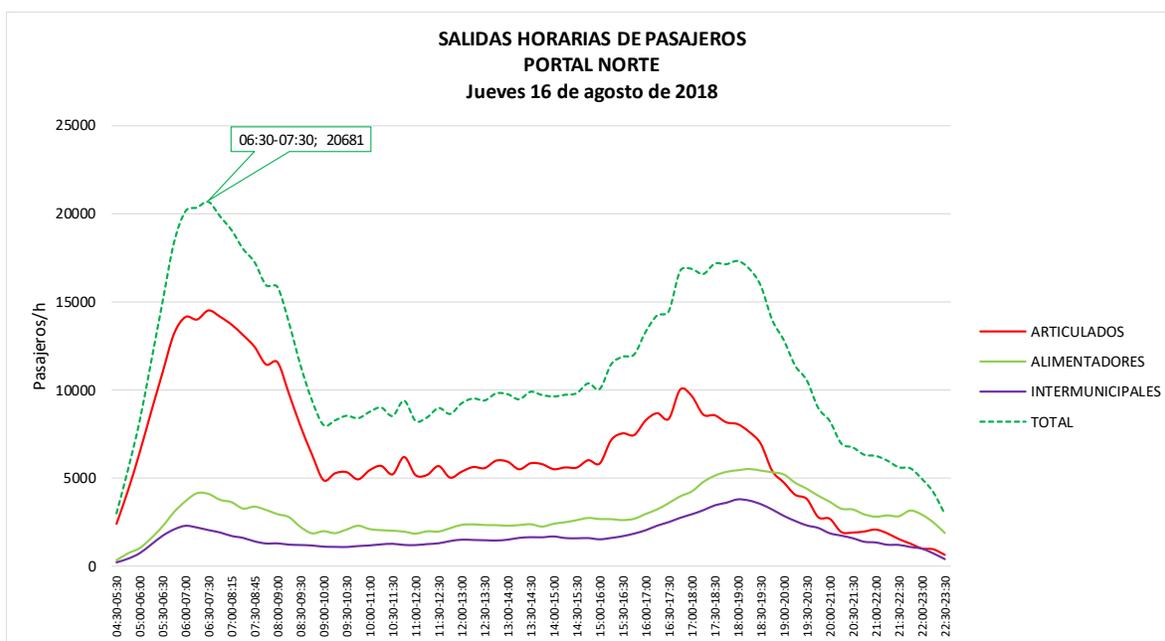


Fuente: Elaboración propia

En total, al Portal Norte, durante todo el periodo de operación de un día típico llegan en unidades transportadoras 154242 usuarios. Se observa que el modo en el que más usuarios llegan a la infraestructura es el de vehículos articulados; para todos los modos agregados, la HMD de llegadas se presenta entre las 17:30 y las 18:30 horas con un total de 15181 usuarios.

La figura 59 muestra las salidas del sistema en los diferentes modos.

Figura 59. Salidas totales de pasajeros del Portal Norte día jueves

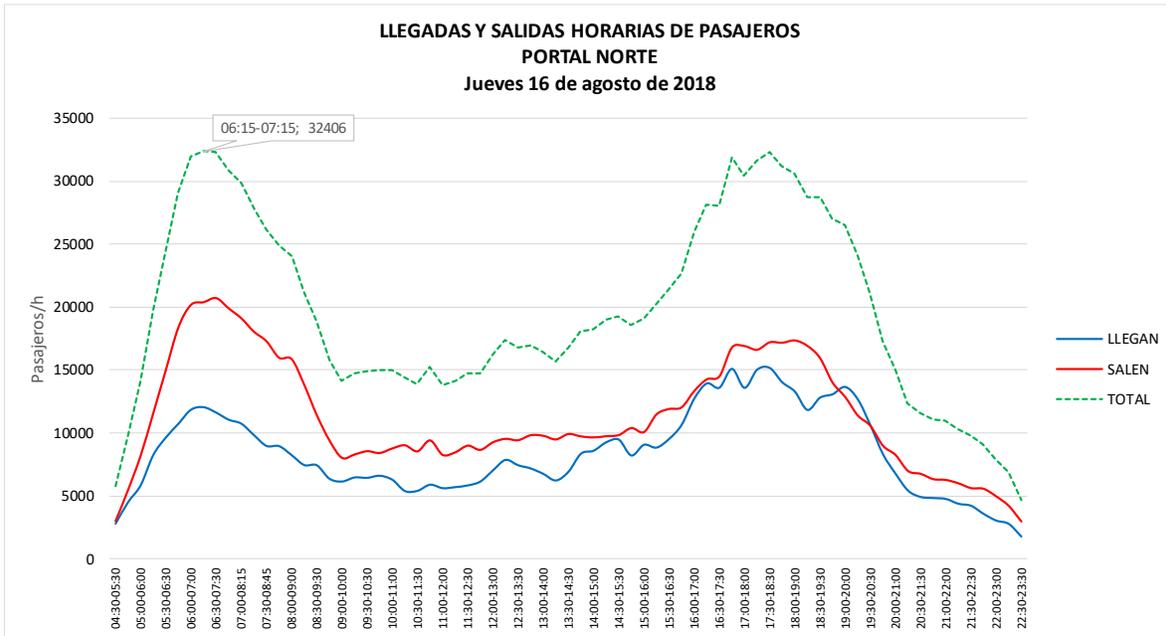


Fuente: Elaboración propia

En total, del Portal Norte, durante todo el periodo de operación de un día típico salen 207584 usuarios en unidades transportadoras. De manera análoga a las llegadas el modo en el que más usuarios salen del Portal Norte es en los vehículos articulados, presentándose, la Hora de Máxima Demanda de salidas, entre las 06:30 y las 07:30 horas con un total de 20681 usuarios.

La figura 60 muestra, en forma comparativa, el total de ingresos y salidas de usuarios en unidades transportadoras del Portal Norte durante el periodo de operación de un día típico.

Figura 60. Usuarios totales ingresando y saliendo del Portal Norte día jueves



Fuente: Elaboración propia

El total de usuarios de unidades transportadoras en el Portal Norte, durante un día típico de operación es de 361826, siendo el periodo horario en el que más se concentran los flujos de usuarios en la infraestructura el comprendido entre las 06:15 y las 07:15 horas con 32406 usuarios, dato este relevante para la planificación de los diferentes espacios que se deben considerar en el futuro Complejo de Intercambio Modal del Norte – CIM Norte -.

Es de aclarar que la agregación de los datos no contempla lo cuantificado de usuarios ingresando y saliendo a pie, los cuales incluyen los usuarios del SITP, ya que estos también son usuarios de las unidades transportadoras, al incluirlos se estaría sobreestimando la demanda.

3.3.2 Sistema de transporte intermunicipal de medio y largo recorrido.

El transporte de medio y largo recorrido se caracteriza por recorridos superiores a los 100 Km, con pasajeros que trascienden los municipios cercanos a Bogotá D.C. y que en cierta proporción llevan equipaje con diferentes tipos de embalaje.

La distribución horaria de este modo tiene un patrón diferente al de los modos urbanos e intermunicipales de corto recorrido, encontrándose que la unidades transportadoras de largo recorrido tienen salidas preferencialmente en las primeras horas de la noche y los de medio recorrido repartidos durante todo el día, con mayores intensidades durante los fines de semana y en los períodos de vacaciones como son Semana Santa, puentes

festivos, Julio y Diciembre, de acuerdo a lo hallado durante la elaboración del contrato de Consultoría adelantado por el Consorcio Terminales Bogotá 2008 para la empresa Terminal de Transporte S.A. en el año 2008. El servicio se presta por diferentes tipos de vehículos que incluyen algunos de mayor capacidad que los metropolitanos, aun cuando se observa una tendencia de aumento de los vehículos tipo buseta (de 15 a 25 pasajeros de capacidad).

Para obtener información sobre movilización de pasajeros en el servicio de transporte intermunicipal de medio y largo recorrido se consultó el informe final del contrato de Consultoría adelantado por el Consorcio Terminales Bogotá 2008 para la empresa Terminal de Transporte S.A., con número 155-2008 y cuyo objeto consistió en la *“Elaboración y legalización ante las autoridades distritales y la terminal de transporte del plan de implantación, los estudios complementarios y suplementarios y los diseños para la construcción, puesta en marcha y operación, de la terminal interurbana de pasajeros del norte.”*

De acuerdo a los cálculos realizados en el estudio referenciado, para el año 2019 se obtuvieron los datos mostrados en el cuadro a continuación.

Cuadro 6. Cálculo Indicadores de movilización de pasajeros para el modo intermunicipales de medio y largo recorrido – corredor Norte – año 2019

MANIOBRA	TOTAL DÍA			HORA DE MÁXIMA DEMANDA (hmd)			
	PAS.	OCUPACIÓN	VEHÍCULOS	PERIODO	PAS.	OCUPACIÓN	VEHÍCULOS
LLEGADA	10201	19	537	19:00-20:00	1983	19	104
SALIDA	7571	19	398	07:30-08:30	1545	19	81

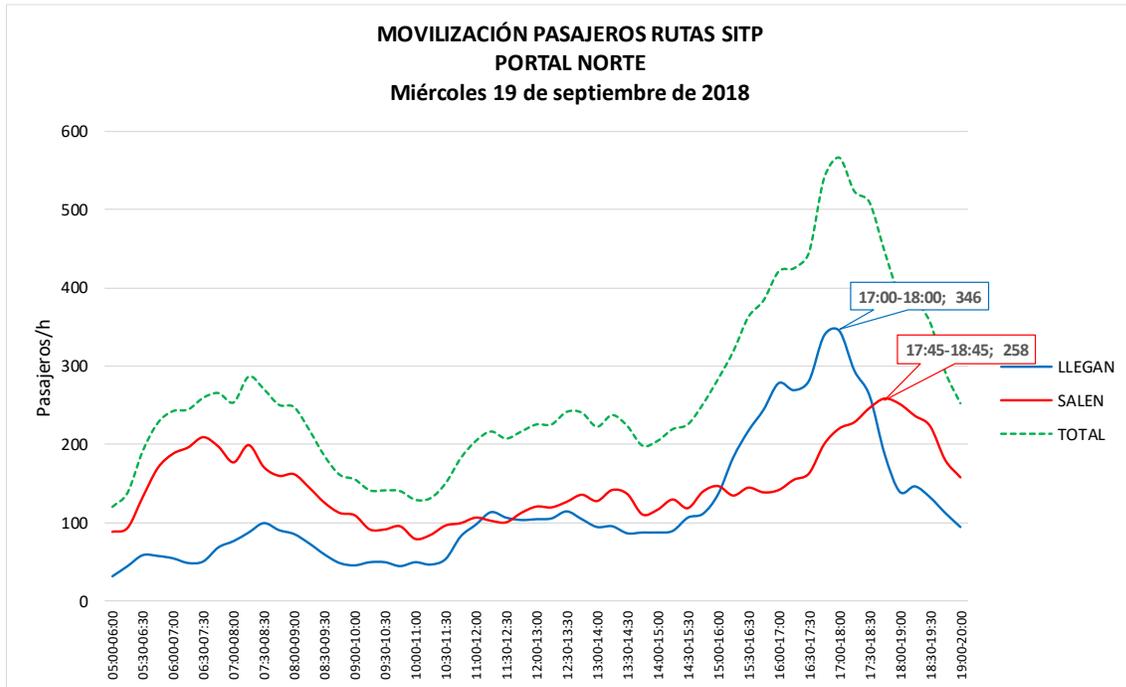
Fuente: Terminal de Transportes S.A. 2008

3.3.3 Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)

Los usuarios del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) que utilizan el Portal Norte como nodo de intercambio, ingresan y salen por las plataformas dispuestas para el ingreso y salida de usuarios a pie. Sin embargo, para estimar la cantidad de personas que realizan estas maniobras, a fin de cuantificar los futuros paraderos, se llevaron a cabo aforos en los paraderos de este servicio ubicados en las inmediaciones de la infraestructura.

Se recolectó información, durante todo el periodo de operación del sistema el día miércoles 19 de septiembre en los paraderos ubicados a cada costado del Portal Norte, identificando la ruta, el tipo de vehículo y el número de pasajeros que abordaban o desembarcaban. La figura 61 muestra el comportamiento, hora a hora, de este tipo de usuarios.

Figura 61. Usuarios llegando y saliendo del Portal Norte en vehículos del SITP. Día típico



Fuente: Elaboración propia

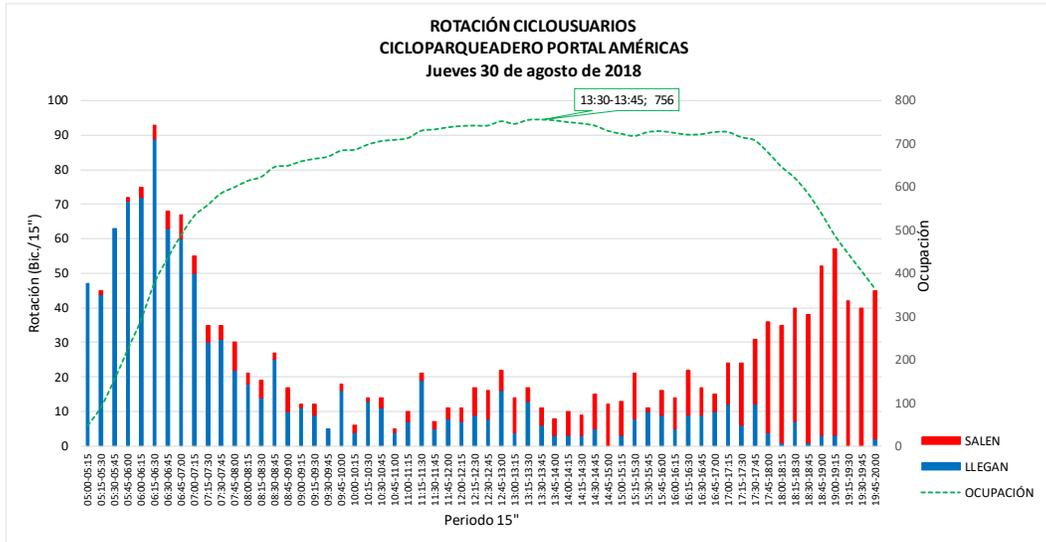
Entre las 05:00 y las 20:00 horas se detectaron un total de 1729 usuarios del Portal Norte, llegando mediante rutas del SITP, de los cuales 346 lo hicieron en la HMD identificada entre las 17:00 y las 18:00 horas, para esta maniobra. Saliendo, el total fue de 2197 usuarios de los cuales 258 lo hicieron en la HMD de esta maniobra, identificada entre las 17:45 y las 18:45 horas. En cuanto a las unidades transportadoras detectadas, se tiene que para las maniobras de llegada de pasajeros fueron en total 671 vehículos para un promedio de pasajeros que llegan al Portal Norte, mediante este sistema, de 3 usuarios/veh., en la HMD de esta maniobra el valor se incrementa a 5 usuarios/ veh. Para las salidas, el comportamiento es similar con un total de 715 vehículos en total y en la HMD 55, con los mismos promedios por vehículo.

3.3.4 Usuarios de bicicleta

De forma complementaria, para establecer los potenciales usuarios del CIM Norte provenientes del modo bicicleta, se realizaron aforos de biciusuarios en la principal infraestructura ofrecida actualmente por el Sistema Transmilenio para este tipo de usuarios, ubicada en el Portal Américas y cuyos resultados pueden tomarse como referencia para el dimensionamiento de estos espacios en el CIM Norte.

La observación se realizó el día jueves 30 de agosto. La figura 62 muestra el comportamiento de llegadas y salidas de este modo por periodos de 15 minutos, para calcular la ocupación de la infraestructura.

Figura 62. Rotación ciclousuarios en cicloparqueadero Portal Américas día jueves

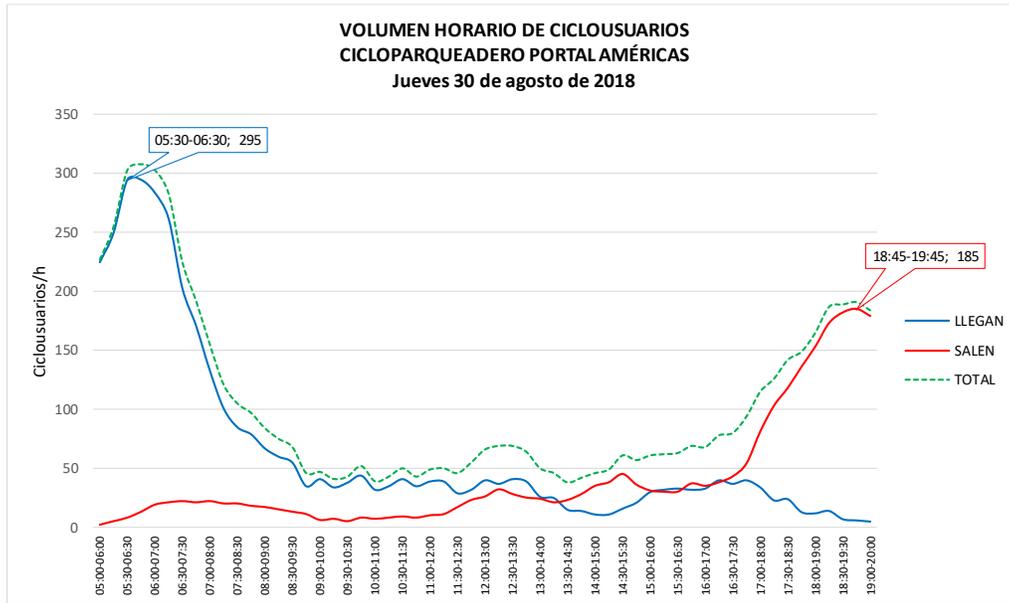


Fuente: Elaboración propia

El periodo de mayor ocupación del cicloparqueadero se encuentra entre las 13:30 y las 13:45 horas, con una ocupación de 756 usuarios, funcionando a tope, si se tiene en cuenta que la capacidad de esta infraestructura es de 785 cupos.

La figura 63 muestra el comportamiento horario de llegadas y salidas de ciclousuarios en el cicloparqueadero del Portal Américas de Transmilenio.

Figura 63. Volumen horario de ciclousuarios Portal Américas día jueves



Fuente: Elaboración propia

El periodo horario de mayor demanda, para las llegadas, se identificó entre las 05:30 y las 06:30 horas con un valor de 295 ciclousuarios; para las salidas, entre las 18:45 y las 19:45 horas, con un valor de 185 ciclousuarios.

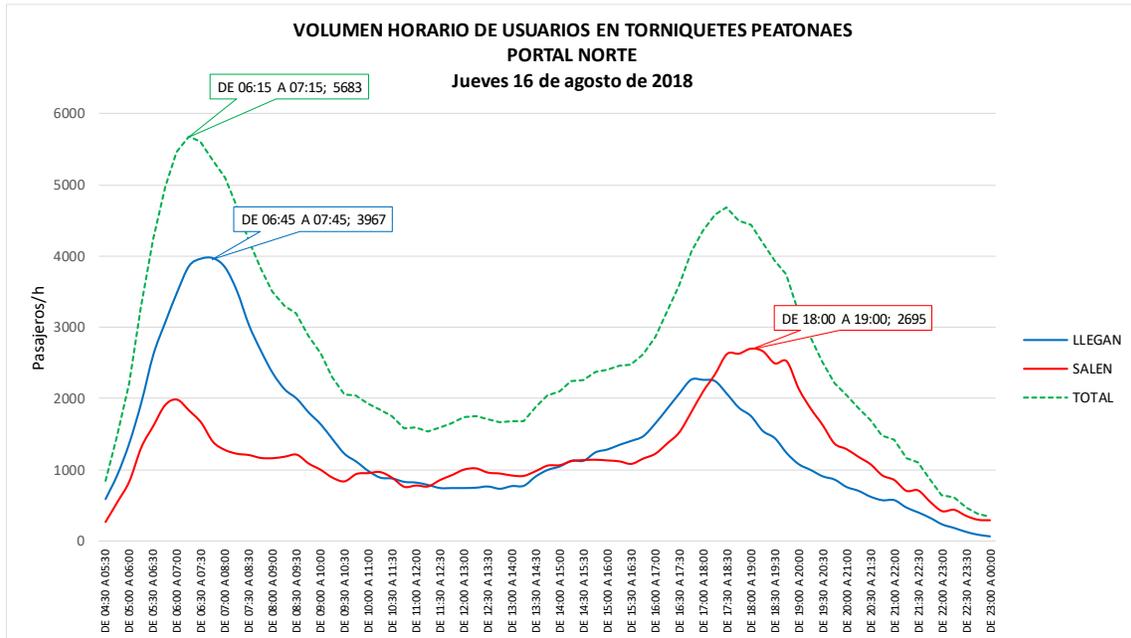
3.3.5 Caminata

Si bien, los usuarios de la infraestructura que ingresan y salen de ella caminando son contabilizados dentro de la demanda de los diferentes modos motorizados, para el dimensionamiento de áreas de corredores y plazoletas es necesario tener su cuantificación.

La caracterización de los usuarios que ingresan y salen del Portal Norte a pié se llevó a cabo mediante aforos de volúmenes peatonales en las rampas de ingreso y salida de la infraestructura, durante todo el periodo de operación del sistema del día jueves 16 de agosto de 2018.

La figura 64 muestra el comportamiento de los flujos peatonales horarios de ingreso y salida al Portal Norte.

Figura 64. Usuarios en modo a pie Portal Norte día jueves



Fuente: Elaboración propia

Durante el total de la jornada, llegaron en modo caminata al Portal Norte, un total de 26797 usuarios y salieron 22909. La HMD de las llegadas se presentó entre las 06:45 y las 07:45 horas con 3967 usuarios y para las salidas entre las 18:00 y las 19:00 horas con 2695 usuarios.

3.3.6 Consolidación de información sobre demanda y oferta actual para los diferentes modos a integrar en el CIM Norte.

La información obtenida en este capítulo constituye la base de la situación actual en cuanto a demanda y oferta de los modos a integrar y es el punto de partida para la estimación de la situación futura.

A manera de resumen, en el Cuadro 7, se muestra la demanda actual por modo, para un día típico, discriminando la maniobra (salida o llegada), el total de usuarios diarios, las unidades transportadoras, la ocupación promedio del día, la Hora de Máxima Demanda (HMD), el número de usuarios por maniobra en la HMD, las unidades transportadoras en la HMD y la ocupación promedio en este periodo.

Cuadro 7. Demanda actual por modo

MODO	MANIOBRA	TOTAL DÍA			HORA DE MÁXIMA DEMANDA			
		USUARIOS	UNIDADES	OCUPACION	PERIODO	USUARIOS	UNIDADES	OCUPACION

ALIMENTADORES TM	LLEGAN	49754	1728	29	06:30-07:30	5540	93	60
	SALEN	54702	1645	33	18:15-19:15	5497	94	58
ARTICULADOS TM	LLEGAN	80994	1239	65	19:00-20:00	10764	65	166
	SALEN	121301	1560	78	06:30-07:30	14545	120	121
INTERMUNICIPALES CORTO RECORRIDO	LLEGAN	23440	1504	16	07:00-08:00	3067	134	23
	SALEN	31581	1529	21	18:00-19:00	3808	114	33
INTERMUNICIPALES LARGO Y MEDIO RECORRIDO	LLEGAN	10201	537	19	19:00-20:00	1983	104	19
	SALEN	7571	398	19	07:30-08:30	1545	81	19
A PIE*	LLEGAN	26810			06:45-07:45	3967		
	SALEN	22868			18:00-19:00	2695		
SITP**	LLEGAN	2197	1067	2	17:00-18:00	346	91	4
	SALEN	1729	1067	2	17:45-18:45	258	87	3
BICICLETA***	LLEGAN	1012	1012	1	05:30-06:30	295	295	1
	SALEN	647	647	1	18:45-19:45	185	185	1

* Los usuarios que llegan y salen del portal norte a pie hacen parte de la demanda de vehículos motorizados

** Los usuarios que llegan o salen del portal norte desde o hacia unidades del SITP son contabilizados como usuarios a pie

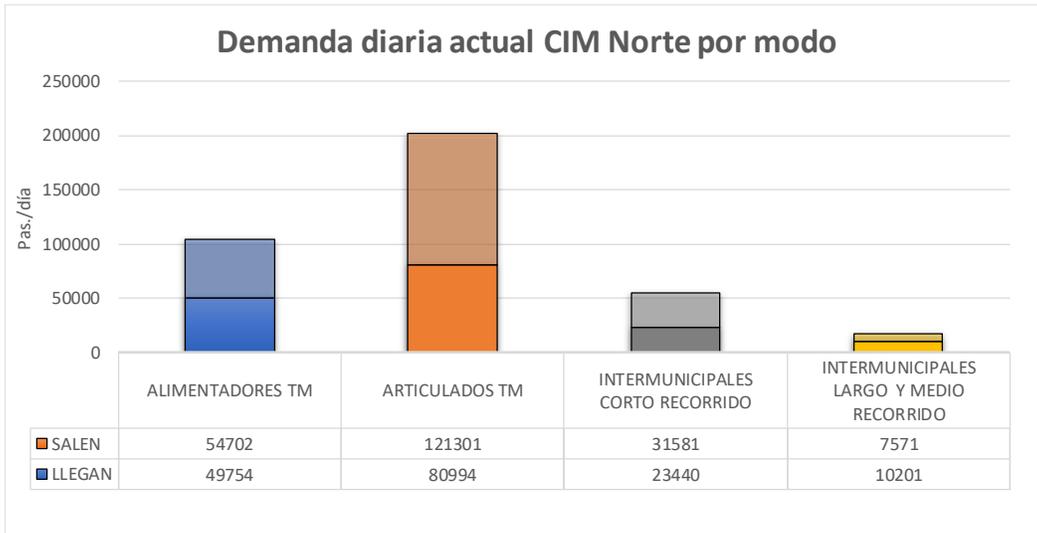
*** Los bicisuarios son estimados a partir del biciparqueadero del Portal Américas

Fuente: Elaboración propia

La demanda actual llegando, para un día típico, es de 154242 pasajeros y saliendo es de 207584 pasajeros, para una demanda total en la infraestructura de 361826 usuarios por día.

La figura 65 muestra la demanda diaria actual de pasajeros por modo para el CIM Norte.

Figura 65. Demanda diaria de pasajeros por modo y maniobra para el CIM Norte

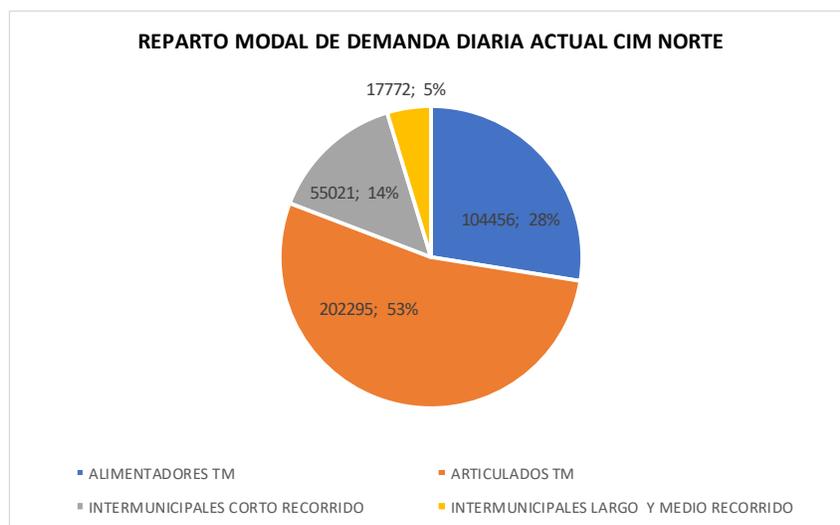


Fuente: Elaboración propia

Se observa que el modo que mayor demanda genera en un día típico es el del servicio de unidades troncales (articulados) con un total diario de 121301 pasajeros saliendo y 80994 pasajeros llegando, seguido del servicio de alimentadores con 54702 pasajeros saliendo y 49754 pasajeros llegando, posteriormente el servicio de intermunicipales de corto recorrido con 31581 pasajeros saliendo y 23440 pasajeros llegando y por último los intermunicipales de medio y largo recorrido con un total de 7571 pasajeros saliendo y 10201 pasajeros llegando.

Por su parte, la figura 66 incluye la composición por modo de la demanda diaria calculada.

Figura 66. Reparto modal de la demanda diaria para el CIM Norte

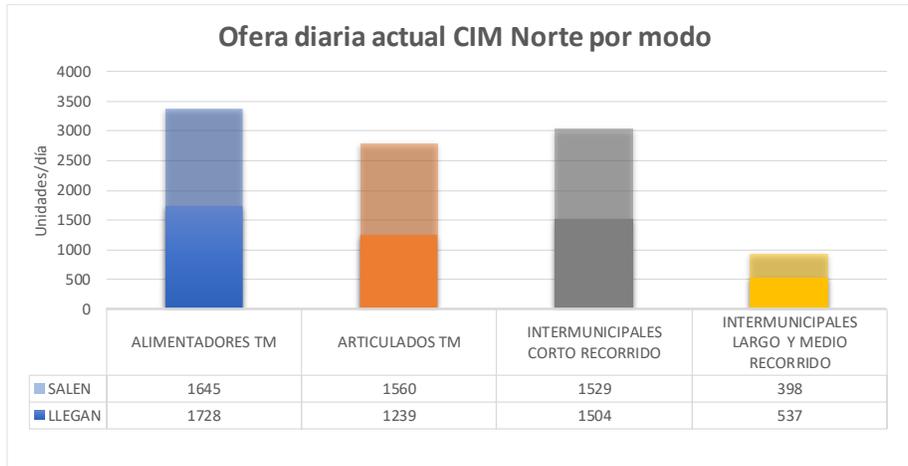


Fuente: Elaboración propia

El 53% de la demanda diaria es atendida por el servicio de unidades troncales, el 28% por alimentadores, el 14% por intermunicipales de corto recorrido y el 5% restante por intermunicipales de medio y largo recorrido.

Por su parte, la oferta de unidades transportadoras, por modo, que satisface la demanda calculada se muestra en la figura 67.

Figura 67. Oferta diaria actual por modo para el CIM Norte

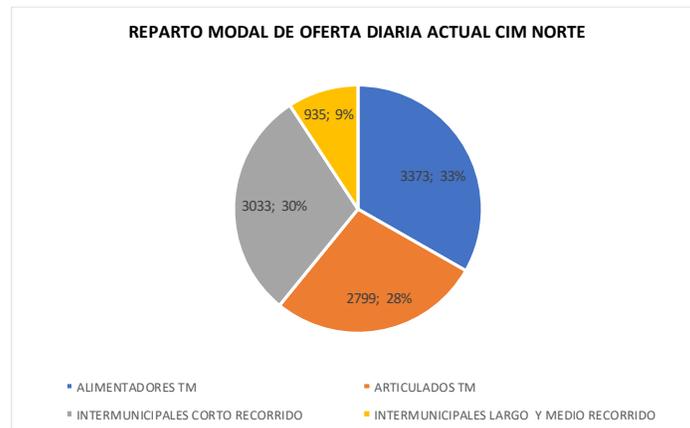


Fuente: Elaboración propia

La mayor oferta diaria es la correspondiente a unidades transportadoras del servicio de alimentadores con 1645 unidades saliendo y 1728 unidades llegando, seguido del servicio de intermunicipales de corto recorrido con 1529 unidades saliendo y 1504 unidades llegando; el servicio troncal sirve la demanda con 1560 unidades saliendo y 1239 unidades llegando y el servicio de intermunicipales de medio y largo recorrido presta su servicio con 398 unidades saliendo y 537 llegando.

En la figura 68 se muestra el reparto modal de la oferta para el total de un día.

Figura 68. Reparto modal diario actual para el CIM Norte

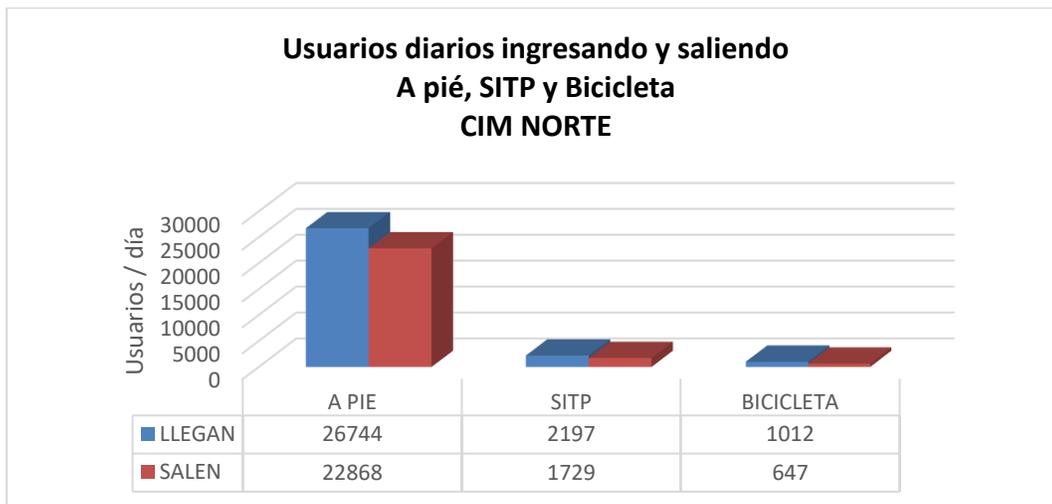


Fuente: Elaboración propia

El 33% de la oferta, en cuanto a unidades transportadoras, lo presta el servicio de alimentadores, el 30% los intermunicipales de corto recorrido, el 28% el servicio de troncales y el 9% los intermunicipales de medio y largo recorrido. Es de aclarar que los valores corresponden a unidades transportadoras sin tener en cuenta su capacidad.

En cuanto a los usuarios que ingresarían y saldrían de la infraestructura durante un día: a pie, provenientes del SITP y en bicicleta, la figura 69 muestra su estimación.

Figura 69. Usuarios ingresando y saliendo en los modos a pie, SITP y bicicleta, diarios CIM Norte

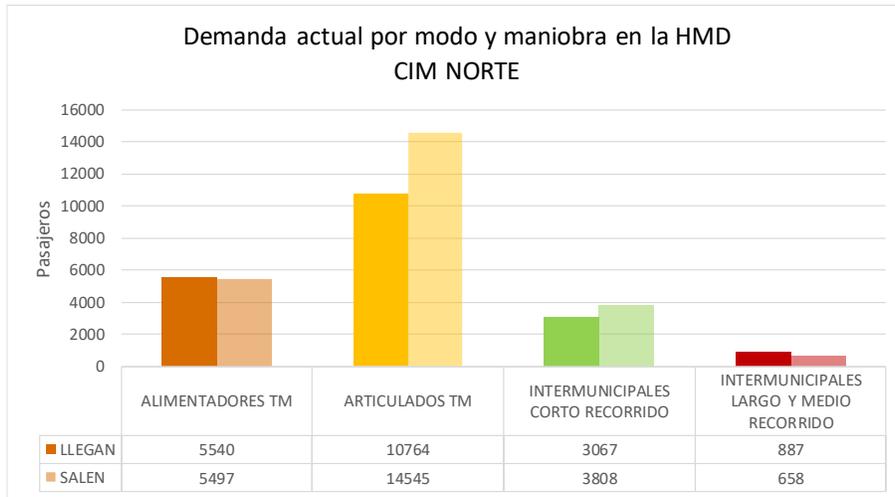


Fuente: Elaboración propia

En la plataforma de entrada peatonal a la infraestructura se encuentran 26744 usuarios llegando y 22868 saliendo, de los cuales 2197 llegarían en unidades del SITP y 1012 en bicicleta y 1729 saldrían a usar el SITP y 647 a recoger bicicleta.

En los modos motorizados, la demanda actual llegando, para la HMD, es de 20258 usuarios y saliendo es de 24508, para una demanda total en la infraestructura de 44766 usuarios en la HMD, distribuidos como se muestra en la figura 70.

Figura 70. Demanda actual por maniobra y modo en la Hora de Máxima Demanda - CIM Norte-

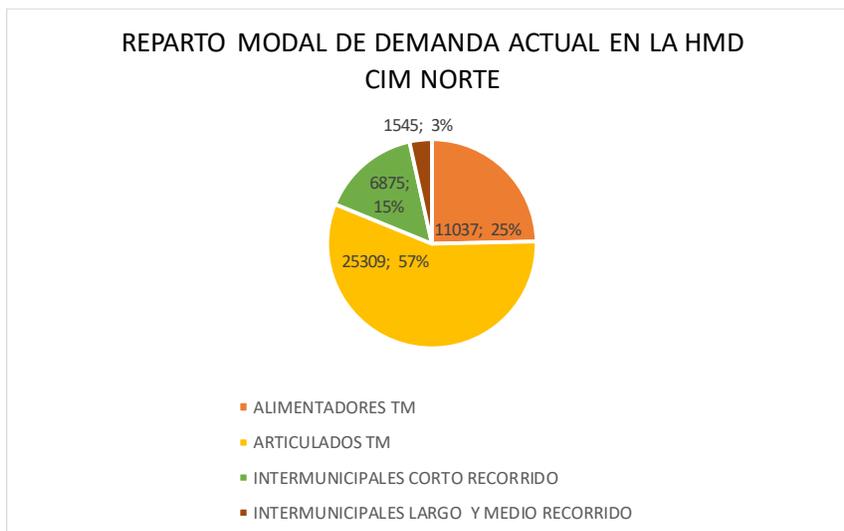


Fuente: Elaboración propia

Como factor de seguridad, los valores mostrados en la figura 67 corresponden a la Hora de Máxima Demanda (HMD) de cada modo y por maniobra, la cual se presenta en diferentes periodos del día como se mostró en el Cuadro 7.

En cuanto a la partición modal de la demanda en la HMD, la figura 71 muestra su comportamiento.

Figura 71. Reparto modal de la demanda en la HMD - CIM Norte-

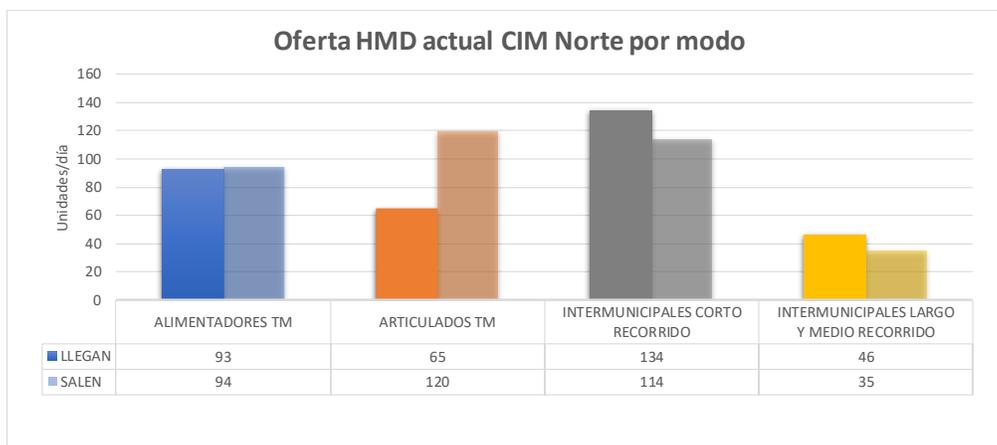


Fuente: Elaboración propia

Durante la HMD, el 57% de la demanda se transporta en el servicio troncal, el 25% en alimentadores, el 15% en el servicio de intermunicipales de corto recorrido y el 3% en intermunicipales de medio y largo recorrido.

La demanda calculada es atendida por las unidades transportadoras de cada modo mostradas en la figura 72.

Figura 72. Unidades transportadoras por modo y maniobra en la HMD - CIM Norte-

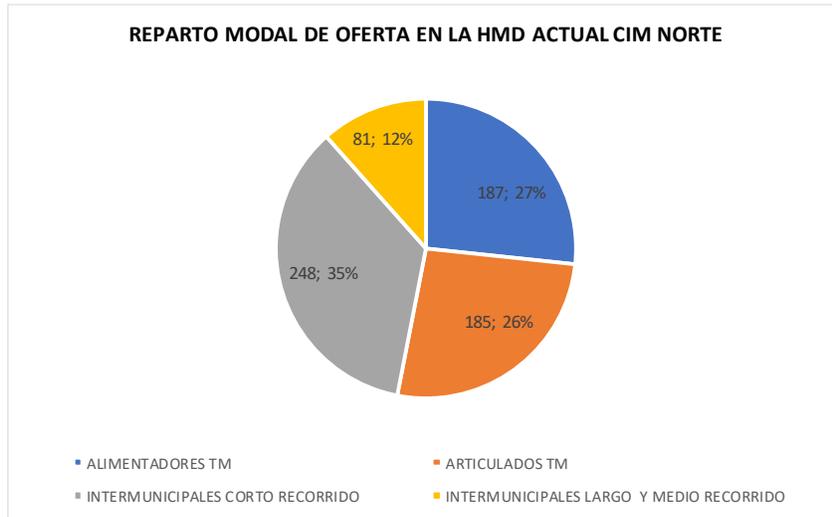


Fuente: Elaboración propia

El mayor número de vehículos, llegando, corresponde a los intermunicipales de corto recorrido con un total de 134 unidades, seguido de los alimentadores con 93 unidades, los articulados con 65 unidades y los intermunicipales de medio y corto recorrido con 46. Saliendo, el mayor número de unidades corresponde al servicio de articulados con 120 unidades, seguido de los intermunicipales de corto recorrido con 114 unidades, el servicio de alimentadores con 94 unidades y el servicio de intermunicipales de medio y largo recorrido con 35 unidades transportadoras.

La figura 73 muestra el reparto modal de la oferta en la HMD.

Figura 73. Reparto modal de la oferta en la HMD - CIM Norte-

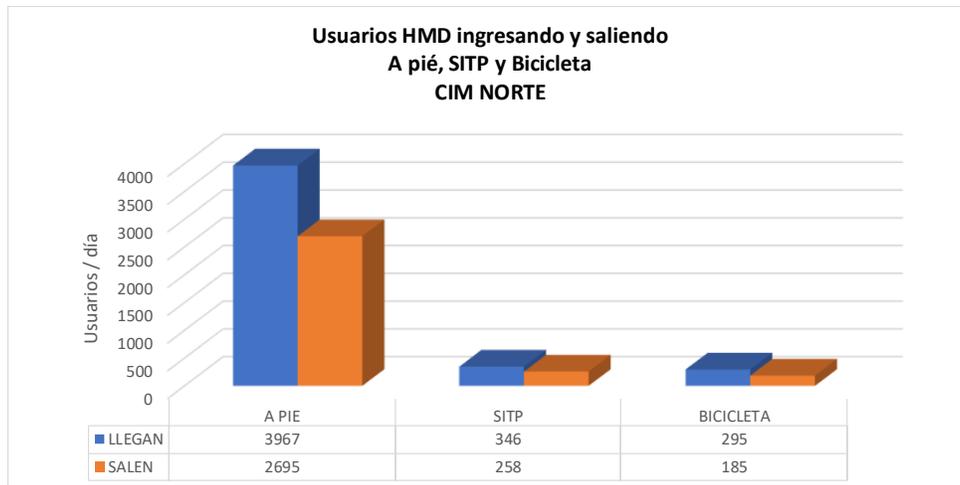


Fuente: Elaboración propia

La mayor oferta en la HMD, en cuanto a unidades transportadoras, la presenta el servicio de intermunicipales de corto recorrido con un 35% del total, seguido de los alimentadores con un 27%, el servicio troncal con un 26% y los intermunicipales de medio y largo recorrido con un 12%. Como previamente se aclaró no se tiene en cuenta la capacidad transportadora de cada unidad.

El comportamiento en la plataforma de entrada y salida para peatones a la infraestructura en cuanto a llegadas y salidas, durante la HMD, se muestra en la figura 74.

Figura 74. Usuarios ingresando y saliendo en modo caminata HMD



Fuente: Elaboración propia

En la actualidad, durante la HMD, llegan a pie 3967 usuarios y salen 2695. De estos, 346 provienen del SITP y 295 son ciclistas; 258 abordan unidades del SITP al salir de la infraestructura y 185 recogen la bicicleta.

Teniendo en cuenta que un Complejo de Intercambio Modal es una infraestructura donde confluyen usuarios y vehículos de paso, la demanda peatonal a satisfacer debe corresponder al periodo de 15 minutos más cargado, siendo esta una *instalación peatonal de flujo continuo* (Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, 2005). Si, por factor de seguridad, se contempla un Factor de Hora Pico (FHP) equivalente a 1,0, el periodo de 15 minutos más cargado corresponderá a la cuarta parte de la demanda en la Hora de Máxima Demanda. El cuadro a continuación muestra los valores de los 15 minutos más cargados para cada uno de los modos considerados, siendo esta la demanda base para el cálculo de escenarios futuros.

Cuadro 8. Demanda actual por modo en el periodo de 15 minutos más cargado.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
ALIMENTADORES TM	LLEGAN	1385	23	60
	SALEN	1374	24	58
ARTICULADOS TM	LLEGAN	2691	16	166
	SALEN	3636	30	121
INTERMUNICIPALES CORTO RECORRIDO	LLEGAN	767	34	23
	SALEN	952	29	33
INTERMUNICIPALES MEDIO Y LARGO RECORRIDO	LLEGAN	496	26	19
	SALEN	386	20	19
A PIE*	LLEGAN	992	0	0
	SALEN	674	0	0
SITP**	LLEGAN	87	23	4
	SALEN	65	22	3
BICICLETA***	LLEGAN	74	74	1
	SALEN	46	46	1

* Los usuarios que llegan y salen del portal norte a pie hacen parte de la demanda de vehículos motorizados

** Los usuarios que llegan o salen del portal norte desde o hacia unidades del SITP son contabilizados como usuarios a pie

*** Los bicisuarios son estimados a partir del biciparqueadero del Portal Américas

Fuente: Elaboración propia

3.4 Estimación de la demanda de pasajeros y la oferta de vehículos por modo para el CIM Norte al periodo de diseño

A partir de la información sobre demanda actual para cada modo, en el periodo de 15 minutos más cargado, se realizan las correspondientes proyecciones a un horizonte de 30 años (año 2050) como periodo de diseño. Los cálculos posteriores para las diferentes áreas que componen la infraestructura consideran que hasta este año la infraestructura soportará las demandas bajo un Nivel de Servicio aceptable (D), entendido este, para el caso de flujos peatonales, como “aglomeraciones densas, pero con cierto nivel de maniobra” (Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá D.C., 2006).

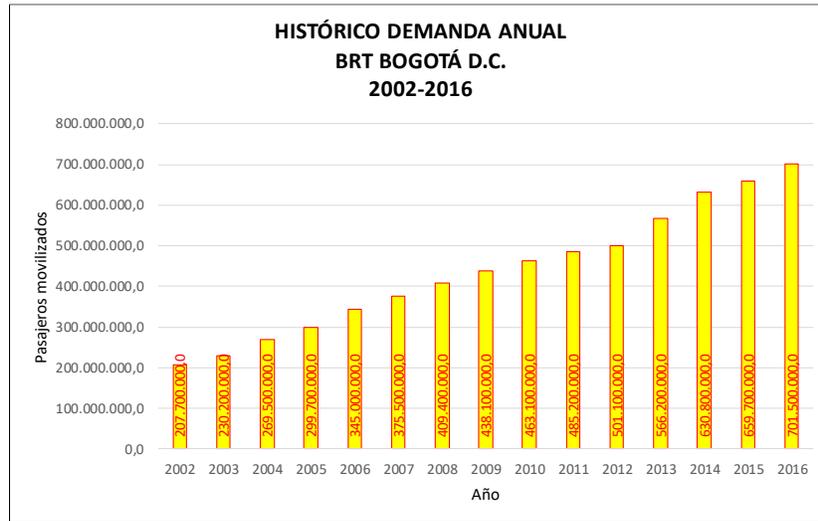
Por tratarse de una primera aproximación a la demanda esperada, se emplean modelos de tendencia (lineal, geométrica, exponencial, etc.), cuya principal característica radica en que asocian la variación de la demanda al paso del tiempo (Islas, Rivera, & Torres, 2002). En etapas posteriores, deberán emplearse técnicas más elaboradas para obtener datos un tanto más precisos, sin desconocer la incertidumbre de este tipo de estimaciones.

A continuación, se calcula la demanda (pasajeros) y la oferta (vehículos) esperada para cada modo en integración.

3.4.1 Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de rutas alimentadoras y de unidades articuladas de Transmilenio y oferta estimada.

De acuerdo a estadísticas de la Empresa de Transporte del Tercer Milenio S.A. - Transmilenio S.A., el comportamiento histórico de la demanda anual de pasajeros, para el componente BRT (articulados) (Transmilenio S.A., 2017), se muestra en la siguiente figura.

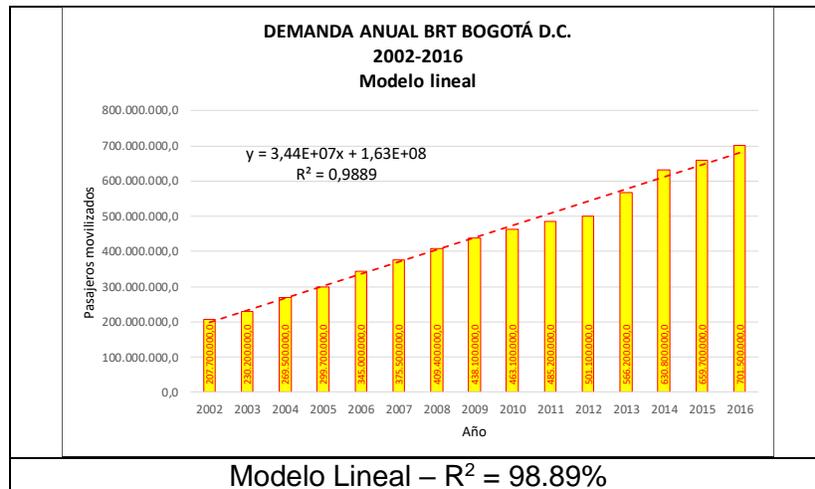
Figura 75. Histórico demanda anual de pasajeros BRT Transmilenio S.A.

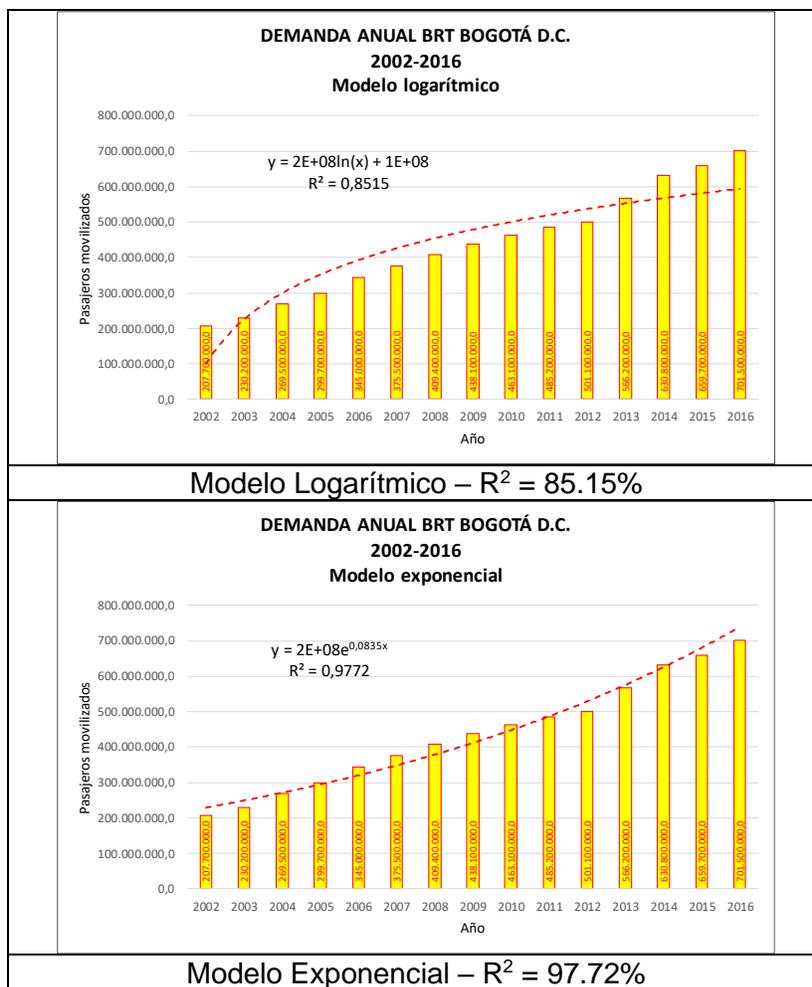


Fuente: Elaboración propia a partir de TRANSMILENIO EN CIFRAS. Estadísticas de oferta y demanda del Sistema Integrado de Transporte Público – SITP. TRANSMILENIO S.A. Informe No. 46. Octubre 2017

Realizando los correspondientes análisis de correlación R^2 para los modelos de tendencia lineal, logarítmico y exponencial, según lo anotado en el capítulo 3 de presente trabajo, se obtiene lo mostrado en la figura 76.

Figura 76. Análisis de correlación por mínimos cuadrados para diferentes modelos





Fuente: Elaboración propia con base en información de TRANSMILENIO S.A.

El modelo que mejor se ajusta a la serie histórica es el lineal con una correlación (R²) de 98.89%. Al hacer las extrapolaciones, con base en la expresión lineal mostrada, se obtienen los siguientes resultados para demanda y tasas de crecimiento anual estimadas para el periodo de diseño.

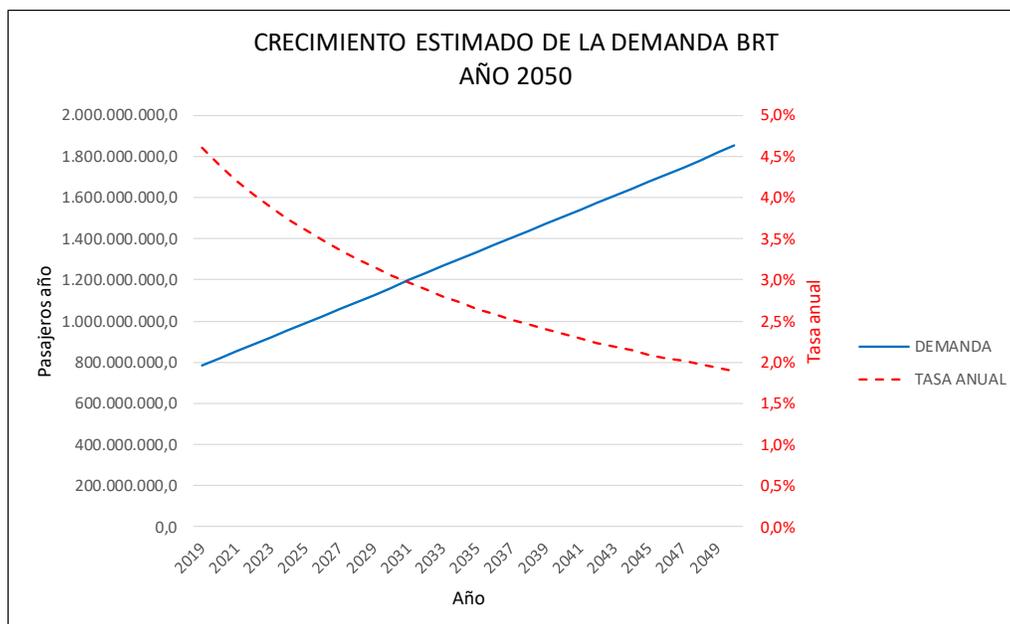
Cuadro 9. Cálculo de demanda y tasas de crecimiento anuales BRT Bogotá D.C.

AÑO	DEMANDA	TASA ANUAL	AÑO	DEMANDA	TASA ANUAL
2019	783.400.238	4,6%	2035	1.334.685.952	2,6%
2020	817.855.595	4,4%	2036	1.369.141.310	2,6%
2021	852.310.952	4,2%	2037	1.403.596.667	2,5%
2022	886.766.310	4,0%	2038	1.438.052.024	2,5%
2023	921.221.667	3,9%	2039	1.472.507.381	2,4%

2024	955.677.024	3,7%	2040	1.506.962.738	2,3%
2025	990.132.381	3,6%	2041	1.541.418.095	2,3%
2026	1.024.587.738	3,5%	2042	1.575.873.452	2,2%
2027	1.059.043.095	3,4%	2043	1.610.328.810	2,2%
2028	1.093.498.452	3,3%	2044	1.644.784.167	2,1%
2029	1.127.953.810	3,2%	2045	1.679.239.524	2,1%
2030	1.162.409.167	3,1%	2046	1.713.694.881	2,1%
2031	1.196.864.524	3,0%	2047	1.748.150.238	2,0%
2032	1.231.319.881	2,9%	2048	1.782.605.595	2,0%
2033	1.265.775.238	2,8%	2049	1.817.060.952	1,9%
2034	1.300.230.595	2,7%	2050	1.851.516.310	1,9%

Fuente: Elaboración propia

Figura 77. Demanda y tasas de crecimiento anuales futuras BRT Bogotá D.C.



Fuente: Elaboración propia

Con las tasas de crecimiento anual obtenidas para el servicio BRT, partiendo de la demanda actual, se calculan las demandas de pasajeros, llegando y saliendo, que se esperan en los 15 minutos más cargados del día al año 2050, para los servicios alimentadores y articulados según se muestra en los siguientes cuadros y figuras.

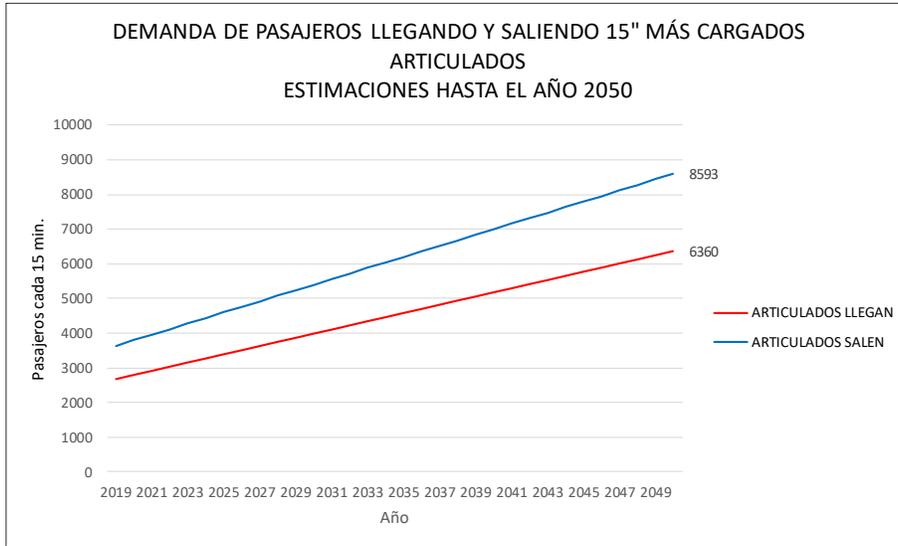
Cuadro 10. Demanda de pasajeros llegando y saliendo en los 15 minutos más cargados – modo alimentadores y articulados -

AÑO	TASA ANUAL	ALIMENTADORES		ARTICULADOS	
		LLEGAN	SALEN	LLEGAN	SALEN
2019		1385	1374	2691	3636
2020	4,4%	1446	1434	2809	3796
2021	4,2%	1507	1495	2928	3956
2022	4,0%	1568	1555	3046	4116
2023	3,9%	1629	1616	3164	4276
2024	3,7%	1690	1676	3283	4436
2025	3,6%	1750	1737	3401	4596
2026	3,5%	1811	1797	3519	4755
2027	3,4%	1872	1857	3638	4915
2028	3,3%	1933	1918	3756	5075
2029	3,2%	1994	1978	3875	5235
2030	3,1%	2055	2039	3993	5395
2031	3,0%	2116	2099	4111	5555
2032	2,9%	2177	2160	4230	5715
2033	2,8%	2238	2220	4348	5875
2034	2,7%	2299	2280	4466	6035
2035	2,6%	2360	2341	4585	6195
2036	2,6%	2421	2401	4703	6355
2037	2,5%	2481	2462	4821	6515
2038	2,5%	2542	2522	4940	6674
2039	2,4%	2603	2583	5058	6834
2040	2,3%	2664	2643	5176	6994
2041	2,3%	2725	2703	5295	7154
2042	2,2%	2786	2764	5413	7314
2043	2,2%	2847	2824	5532	7474
2044	2,1%	2908	2885	5650	7634
2045	2,1%	2969	2945	5768	7794
2046	2,1%	3030	3006	5887	7954

2047	2,0%	3091	3066	6005	8114
2048	2,0%	3152	3126	6123	8274
2049	1,9%	3212	3187	6242	8434
2050	1,9%	3273	3247	6360	8593

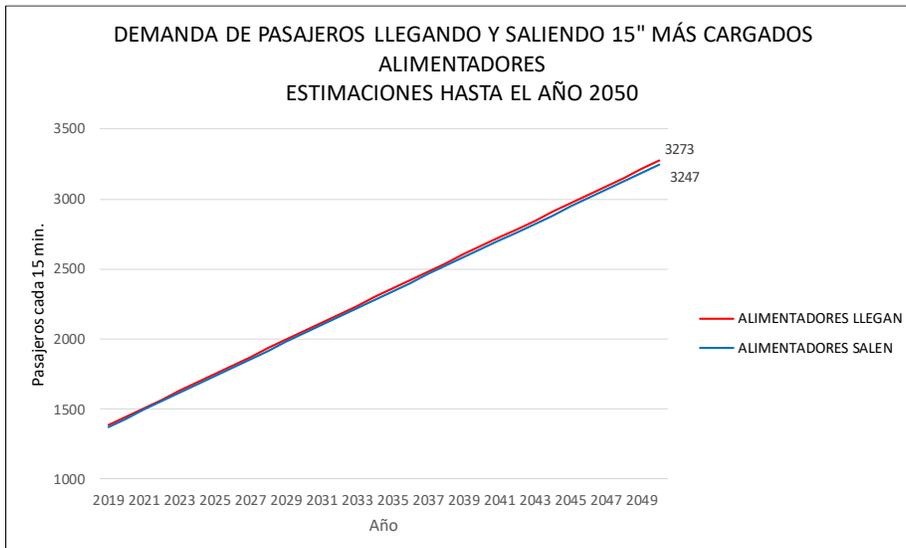
Fuente: Elaboración propia

Figura 78. Estimación de demanda de pasajeros en modo articulados para los 15 minutos más cargados



Fuente: Elaboración propia

Figura 79. Estimación de demanda de pasajeros en modo alimentadores para los 15 minutos más cargados



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los vehículos articulados, se espera que al año 2050 la demanda de pasajeros llegando al CIM Norte, en los 15 minutos más cargados, sea de 6360 pasajeros y saliendo de 8593. Los alimentadores presentan una demanda de 3273 pasajeros llegando y de 3247 saliendo, para el mismo periodo de tiempo.

Manteniendo similares ocupaciones a las actuales, la oferta de unidades articuladas saliendo deberá ser de 73 y de 39 llegando; para el caso de los alimentadores, las unidades saliendo deberán ser de 57 y llegando de 56.

El cuadro a continuación muestra los valores de demanda y oferta obtenidos para estos dos (2) modos.

Cuadro 11. Demanda y oferta actual y proyectada para los modos alimentador y troncal CIM Norte.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO AL AÑO 2050		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"	USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
ALIMENTADORES TM	LLEGAN	1385	23	60	3273	56	60
	SALEN	1374	24	58	3247	57	58
ARTICULADOS TM	LLEGAN	2691	16	166	6360	39	166
	SALEN	3636	30	121	8593	73	121

Fuente: Elaboración propia

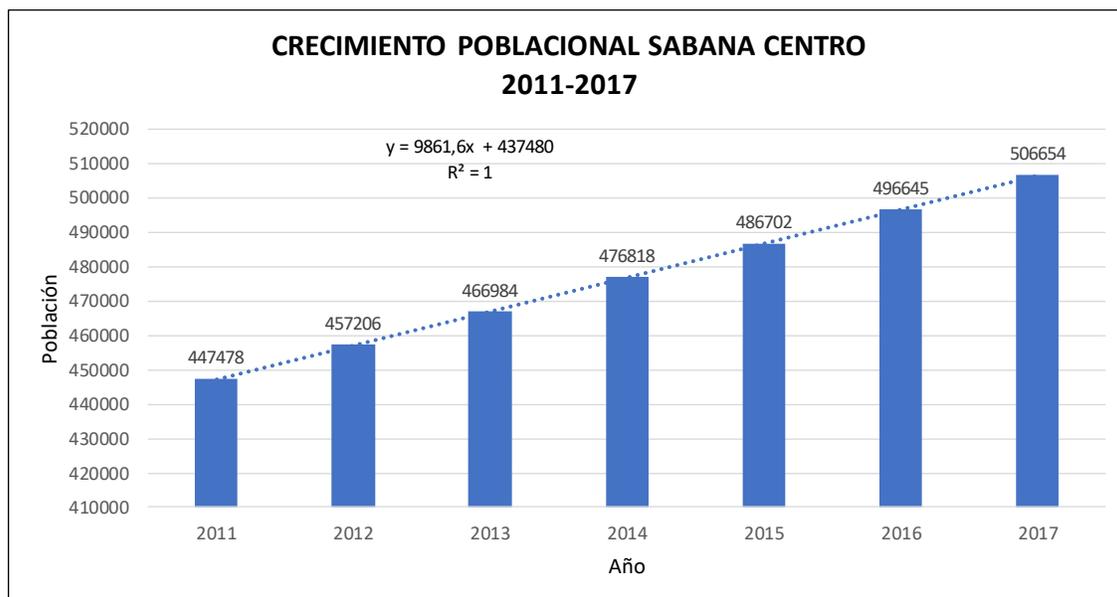
Esta información se empleará para el cálculo de áreas requeridas en las plataformas de abordaje y desembarco, así como para las longitudes de los espacios para maniobras de ascenso y descenso de estos modos.

3.4.2 Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de municipios vecinos y oferta estimada

Para la estimación de la demanda futura, del modo intermunicipales de corto recorrido, se obtuvo información sobre el crecimiento poblacional agregado de los municipios que componen la Provincia de Sabana Centro: Cajicá, Chía, Cogua, Cota, Gachancipá, Nemocón, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá.

De acuerdo al Informe de Calidad de Vida 2017, del programa Sabana Centro Cómo Vamos (Universidad de La Sabana, 2017), el comportamiento del crecimiento poblacional agregado para estos municipios, se muestra en la siguiente figura.

Figura 80. Evolución de la población agregada en los municipios de la provincia Sabana Centro 2011-2017



Fuente: Elaboración propia con base en Observatorio Sabana Centro Cómo Vamos. 2018

Realizando las correspondientes extrapolaciones, con base en la expresión lineal mostrada, se obtienen los siguientes resultados para población y tasas de crecimiento anual.

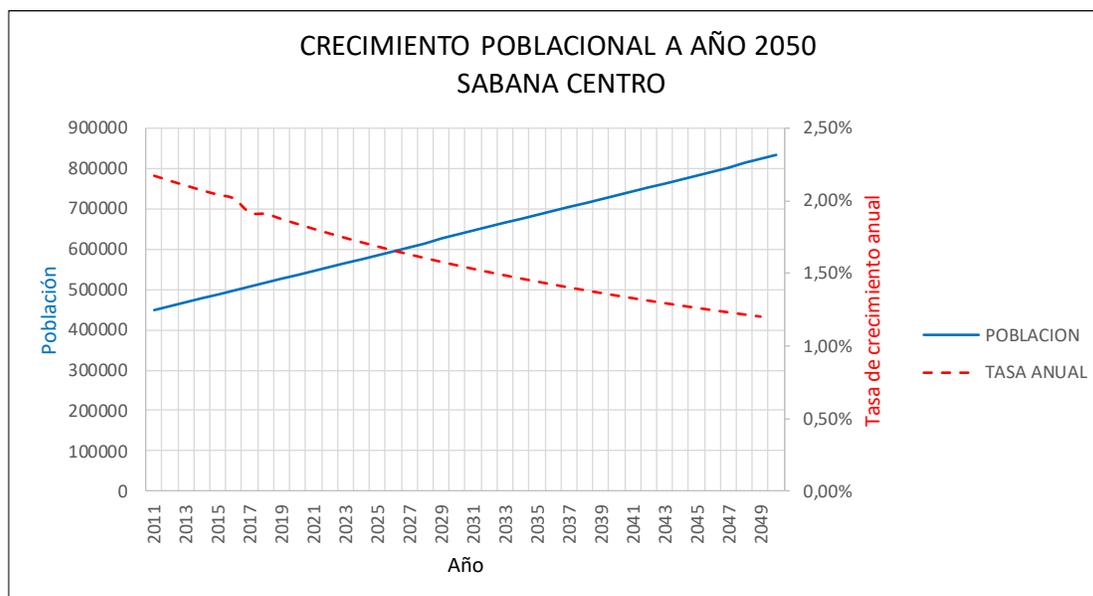
Cuadro 12. Cálculo de población y tasas de crecimiento anuales provincia Sabana Centro

AÑO	POBLACION	TASA ANUAL	AÑO	POBLACION	TASA ANUAL
2011	447478		2031	644574	1,55%
2012	457206	2,17%	2032	654435	1,53%
2013	466984	2,14%	2033	664297	1,51%
2014	476818	2,11%	2034	674158	1,48%
2015	486702	2,07%	2035	684020	1,46%
2016	496645	2,04%	2036	693882	1,44%
2017	506654	2,02%	2037	703743	1,42%
2018	516373	1,92%	2038	713605	1,40%
2019	526234	1,91%	2039	723466	1,38%
2020	536096	1,87%	2040	733328	1,36%
2021	545958	1,84%	2041	743190	1,34%
2022	555819	1,81%	2042	753051	1,33%
2023	565681	1,77%	2043	762913	1,31%
2024	575542	1,74%	2044	772774	1,29%
2025	585404	1,71%	2045	782636	1,28%
2026	595266	1,68%	2046	792498	1,26%
2027	605127	1,66%	2047	802359	1,24%

2028	614989	1,63%	2048	812221	1,23%
2029	624850	1,60%	2049	822082	1,21%
2030	634712	1,58%	2050	831944	1,20%

Fuente: Elaboración propia

Figura 81. Población y tasas de crecimiento anuales futuras para la provincia de Sabana Centro



Fuente: Elaboración propia

Con las tasas de crecimiento anual obtenidas para este modo, se calculan las demandas de pasajeros, llegando y saliendo, que se esperan en los 15 minutos más cargados del día al año 2050, según se muestra en los siguientes cuadro y figura.

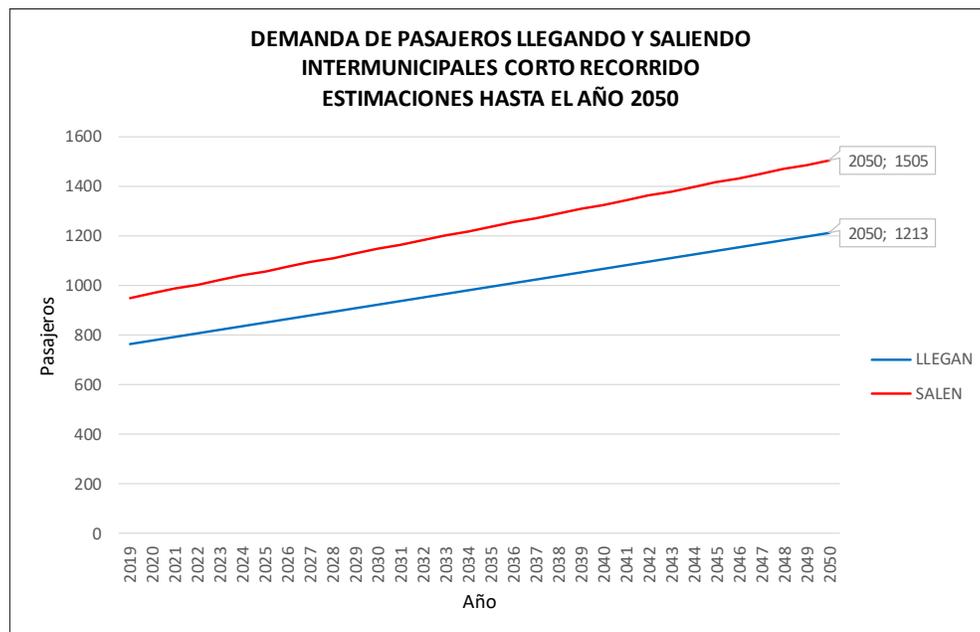
Cuadro 13. Demanda de pasajeros llegando y saliendo en los 15 minutos más cargados – modo transporte intermunicipal de corto recorrido -

AÑO	TASA ANUAL	LLEGAN	SALEN	AÑO	TASA ANUAL	LLEGAN	SALEN
2019		767	952	2035	1,46%	997	1237
2020	1,87%	781	970	2036	1,44%	1011	1255
2021	1,84%	796	988	2037	1,42%	1026	1273
2022	1,81%	810	1006	2038	1,40%	1040	1291
2023	1,77%	824	1023	2039	1,38%	1054	1309
2024	1,74%	839	1041	2040	1,36%	1069	1327
2025	1,71%	853	1059	2041	1,34%	1083	1344
2026	1,68%	868	1077	2042	1,33%	1098	1362

2027	1,66%	882	1095	2043	1,31%	1112	1380
2028	1,63%	896	1113	2044	1,29%	1126	1398
2029	1,60%	911	1130	2045	1,28%	1141	1416
2030	1,58%	925	1148	2046	1,26%	1155	1434
2031	1,55%	939	1166	2047	1,24%	1169	1452
2032	1,53%	954	1184	2048	1,23%	1184	1469
2033	1,51%	968	1202	2049	1,21%	1198	1487
2034	1,48%	983	1220	2050	1,20%	1213	1505

Fuente: Elaboración propia

Figura 82. Estimación de demanda de pasajeros en modo intermunicipal de corto recorrido para los 15 minutos más cargados



Fuente: Elaboración propia

Se tiene que la demanda de pasajeros esperada para el año 2050 en los 15 minutos más cargados del día es de 1505 pasajeros llegando y 1213 saliendo. Manteniendo la misma ocupación actual, en las dos maniobras (llegando y saliendo), se requerirán 53 vehículos para atender la demanda llegando y 45 saliendo.

El cuadro 14 muestra el resumen de la demanda y de la oferta esperada para este modo.

Cuadro 14. Demanda y oferta actual y proyectada para el modo Intermunicipal de Corto Recorrido CIM Norte.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO AL AÑO 2050		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"	USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
INTERMUNICIPALES CORTO RECORRIDO	LLEGAN	767	34	23	1213	53	23
	SALEN	952	29	33	1505	45	33

Fuente: Elaboración propia

Esta información se empleará para el cálculo de áreas requeridas en las plataformas de abordaje y desembarque, así como para las longitudes de los espacios para maniobras de ascenso y descenso de este modo.

3.4.3 Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de rutas del SITP y oferta estimada

El uso del transporte público colectivo urbano va de la mano con el crecimiento poblacional de la ciudad; sin embargo, en la ciudad de Bogotá D.C., el Sistema Integrado de Transporte Público -SITP- se encuentra implementado en un 58%, de acuerdo a estudios adelantados por la Contraloría Distrital de Bogotá (2019). Es así como, para estimar la demanda futura de este modo en el CIM Norte, inicialmente se debe estimar el valor, previendo la implementación del 100% del sistema y posteriormente realizar las proyecciones con base en la tasa de crecimiento poblacional.

Según lo contenido en la publicación No. 93 de la Secretaría Distrital de Planeación "Análisis demográfico y proyecciones poblacionales de Bogotá" (Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C., 2018), las tasas de crecimiento para Bogotá, por periodos quinquenales, son las mostradas en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Población estimada y tasas de crecimiento anual para Bogotá D.C.

AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA PARA BOGOTÁ (Escenario tendencial)	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (%)
2015	7.878.783	
2020	8.380.801	1,20
2025	8.874.347	1,12

2030	9.362.122	1,04
2035	9.836.989	0,95
2040	10.281.378	0,84
2045	10.686.091	0,73
2050	11.048.721	0,63
2055	11.372.274	0,54
2060	11.658.222	0,47

Fuente: Secretaría Distrital de Planeación “Análisis demográfico y proyecciones poblacionales de Bogotá” (marzo de 2018)

Una vez afectado el valor actual de las cifras de llegada y salida empleando el modo SITP, por la expansión al 100% y por las tasas de crecimiento diferenciadas mostradas en el cuadro 15, se obtienen los valores mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro 16. Demanda y oferta actual y proyectada para el modo SITP CIM Norte.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO AL AÑO 2050		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"	USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
SITP**	LLEGAN	87	23	4	201	10	20
	SALEN	65	22	3	150	8	20

Fuente: Elaboración propia

Esta información se empleará para el cálculo del número de paraderos del SITP a implementar. Es de aclarar que el número de unidades de oferta disminuye previendo un mayor uso del servicio con la implementación total del sistema.

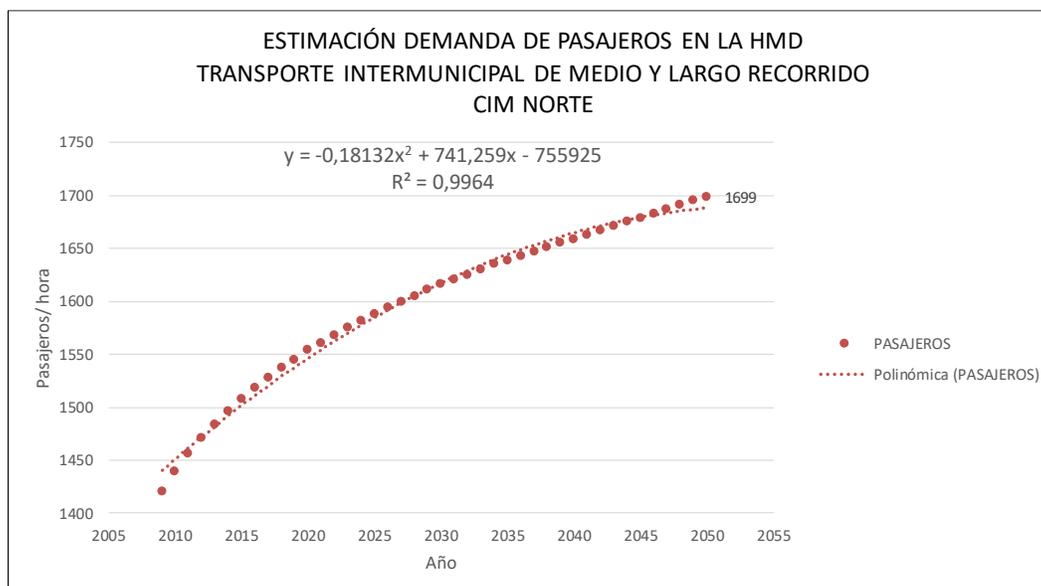
3.4.4 Cálculo del potencial de pasajeros provenientes de rutas intermunicipales de media y larga distancia y oferta estimada

Los valores de la demanda actual y futura, para este modo, se obtuvieron del informe final del proyecto de Consultoría adelantado por el Consorcio Terminales Bogotá 2008 para la empresa Terminal de Transporte S.A., con número 155-2008 y cuyo objeto consistió en la “Elaboración y legalización ante las autoridades distritales y la terminal de transporte del plan de implantación, los estudios complementarios y suplementarios y los diseños para la construcción, puesta en marcha y operación, de la terminal interurbana de pasajeros del norte.” (Terminal de Transporte de Bogotá S.A. , 2008)

Según lo establecido en el mencionado documento, los valores de demanda futura se obtienen a partir de información histórica suministrada por el Terminal de Transportes de

Bogotá, la cual después de los análisis correspondientes, responde al comportamiento de un modelo polinómico con los resultados que se muestran en la siguiente figura.

Figura 83. Estimación de demanda de pasajeros saliendo de Bogotá en modo intermunicipal de medio y largo recorrido para la HMD



Fuente: Elaboración propia a partir de Terminal de Transporte S.A. – 2008

En La HMD se estima que el número de pasajeros saliendo, en modo intermunicipal de medio y largo recorrido, sea de 1699 pasajeros. A su vez, en este mismo estudio se obtiene una ocupación media de 19 pasajeros por vehículo, para una oferta de 89 unidades transportadoras.

Para obtener los datos de llegada, la Consultoría mencionada efectuó tomas de información directa que arrojaron los resultados mostrados en la siguiente figura.

Figura 84. Direccionalidad de flujos vehiculares de entrada y salida de Bogotá D.C. – Corredor Norte.

DIRECCION DE VIAJE	CORTA DISTANCIA		MEDIA Y LARGA DISTANCIA	
	VOLUMEN VEHICULAR	%	VOLUMEN VEHICULAR	%
LLEGANDO A BOGOTÁ D.C.	5.063	47,6%	3.158	57,4%
PARTIENDO DE BOGOTÁ D.C.	5.580	52,4%	2.341	42,6%
TOTAL	10.643		5.499	

Fuente: Terminal de Transporte S.A. – 2008

Aplicando los valores relativos correspondientes, se obtiene una demanda proyectada de pasajeros llegando a la infraestructura de 2181 en 114 unidades transportadoras.

El cuadro 17 muestra los valores de este modo para los 15 minutos más cargados, de acuerdo a la metodología empleada.

Cuadro 17. Demanda y oferta actual y proyectada para el servicio de Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido CIM Norte.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO AL AÑO 2050		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"	USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
INTERMUNICIPALES LARGO Y MEDIO RECORRIDO	LLEGAN	495	26	19	545	29	19
	SALEN	386	20	19	425	22	19

Fuente: Elaboración propia

Esta información se empleará para el cálculo de áreas requeridas en las plataformas de abordaje y desembarque, así como para las longitudes de los espacios para maniobras de ascenso y descenso de este modo.

3.4.5 Cálculo del potencial de pasajeros provenientes del modo bicicleta y caminata.

Para los usuarios que accederán a la infraestructura empleando bicicletas, el número de usuarios estará directamente relacionado con la capacidad ofrecida en el cicloparqueadero a disponer; se plantea un cicloparqueadero con capacidad para 3000 unidades, equivalente a 3.8 veces la capacidad actual del cicloparqueadero del Portal Américas que, como se mencionó, es la infraestructura actual con mayor capacidad para este tipo de vehículo y la cual fue caracterizada en forma directa. El cuadro a continuación muestra la demanda actual y la esperada para este modo.

Cuadro 18. Demanda y oferta actual y proyectada para el modo bicicleta CIM Norte.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO AL AÑO 2050		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"	USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
BICICLETA***	LLEGAN	74	74	1	280	280	1
	SALEN	46	46	1	176	176	1

Fuente: Elaboración propia

El número de cupos a ofrecer en el cicloparqueadero (3000) será la base para el cálculo del área requerida para este servicio.

En cuanto el modo "caminata", el cálculo de la demanda futura se basa en una relación directa con los usuarios de los modos motorizados, obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro 19. Usuarios actuales y futuros llegando y saliendo por las puertas de acceso CIM Norte.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO AL AÑO 2050		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"	USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
A PIE*	LLEGAN	992	0	0	2299	0	0
	SALEN	674	0	0	1370	0	0

Fuente: Elaboración propia

Con esta información se calcularán las áreas requeridas para las puertas y plazoletas de acumulación de acceso y salida del CIM Norte.

A manera de resumen, el cuadro a continuación muestra los valores calculados para la demanda esperada y la oferta a disponer en el horizonte de diseño, en el periodo de 15 minutos más cargado, para cada modo considerado.

Cuadro 20. Demanda y oferta actual y futura para el periodo de 15 minutos más cargado por modo CIM Norte.

MODO	MANIOBRA	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO AL AÑO 2050		
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"	USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"
ALIMENTADORES TM	LLEGAN	1385	23	60	3273	55	60
	SALEN	1374	24	58	3247	56	58
ARTICULADOS TM	LLEGAN	2691	16	166	6360	38	166
	SALEN	3636	30	121	8593	71	121
INTERMUNICIPALES CORTO RECORRIDO	LLEGAN	767	34	23	1213	53	23
	SALEN	952	29	33	1505	45	33
INTERMUNICIPALES MEDIO Y LARGO RECORRIDO	LLEGAN	496	12	43	545	29	19
	SALEN	386	9	44	425	22	19
A PIE*	LLEGAN	992	0	0	2116	0	0
	SALEN	674	0	0	1302	0	0
SITP**	LLEGAN	87	23	4	201	10	20
	SALEN	65	22	3	150	8	20
BICICLETA***	LLEGAN	74	74	1	280	280	1
	SALEN	46	46	1	176	176	1

*** Los bicisusuarios son estimados a partir del biciparqueadero del Portal Américas

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las demandas estimadas se espera que para el año 30 de operación (2050) la infraestructura propuesta atienda en el día una demanda total de 831.454 usuarios, entendida esta como la cantidad de personas que se ingresa a la infraestructura, proveniente de los diferentes modos, para satisfacer sus necesidades de transbordo.

3.5 Predimensionamiento del funcionamiento operativo a implementar en el CIM Norte.

Los Complejos de Intercambio Modal, como infraestructuras de transporte de gran afluencia de usuarios, deben estar debidamente articulados con la malla vial urbana que los rodea prestando facilidades para acceso y salida, a todos los actores de la movilidad urbana e interurbana. De la misma manera, en la parte interior o donde se realizan el intercambio modal deben presentar circulaciones vehiculares y peatonales claras y cómodas para cumplir con uno de sus objetivos principales como lo es el de generar una mejor calidad de vida de los usuarios del transporte público.

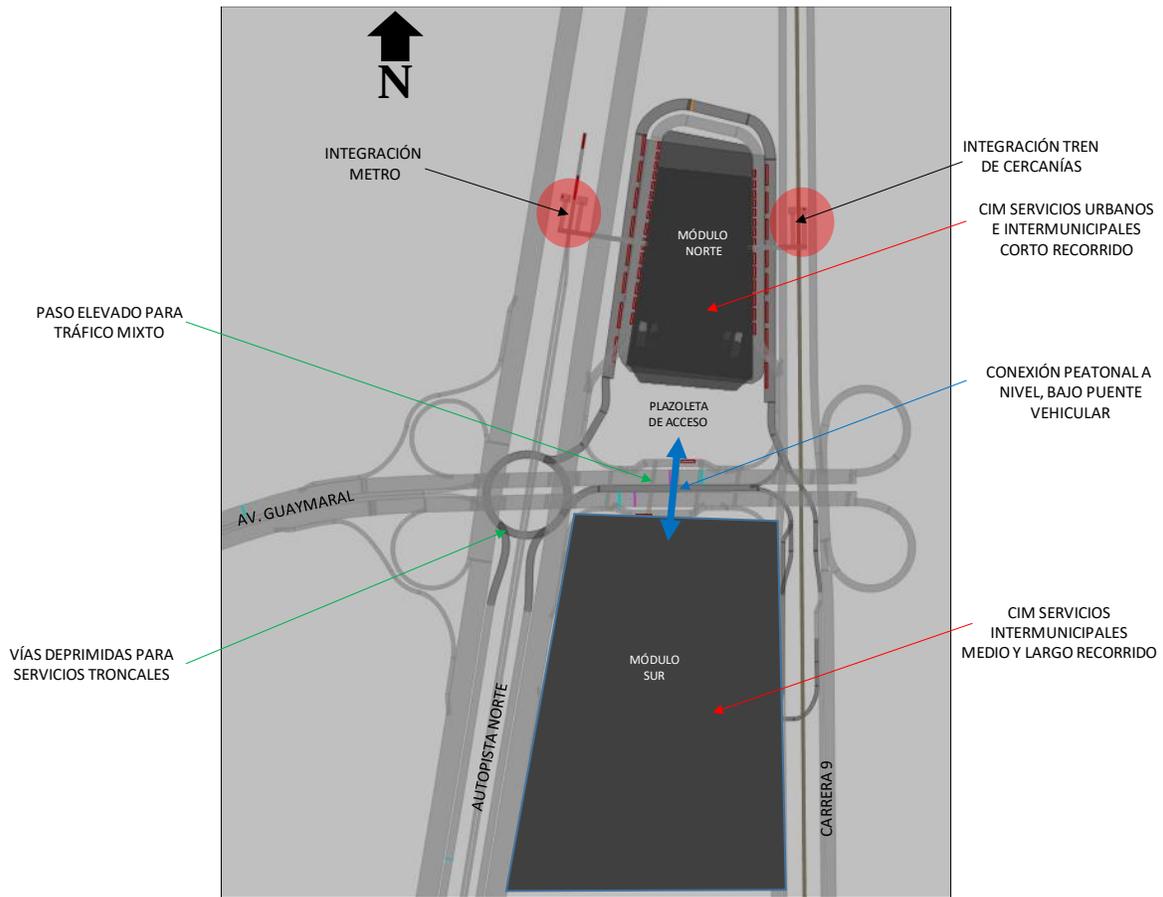
3.5.1 Propuesta de conectividad externa

De acuerdo a la localización del proyecto, a su articulación con la malla vial aferente y teniendo en cuenta los futuros corredores de movilidad, se propone la construcción de una intersección a desnivel a la altura de la Autopista Norte – Carrera 9ª con Avenida Guaymaral que satisface las necesidades de conectividad para vehículos particulares, alimentadores del Sistema Transmilenio y vehículos del SITP.

La Avenida Guaymaral divide la infraestructura en dos: módulo norte y módulo sur. En el módulo norte se plantea realizar la conectividad de los servicios urbanos e intermunicipales de corto recorrido y en el sur lo correspondiente a intermunicipales de medio y largo recorrido. Los dos módulos se conectarán, a nivel, mediante un paso peatonal de más de 40 metros de ancho bajo la conexión elevada de la Avenida Guaymaral entre Autopista Norte y Carrera 9ª.

La figura a continuación muestra, de forma esquemática, la solución planteada.

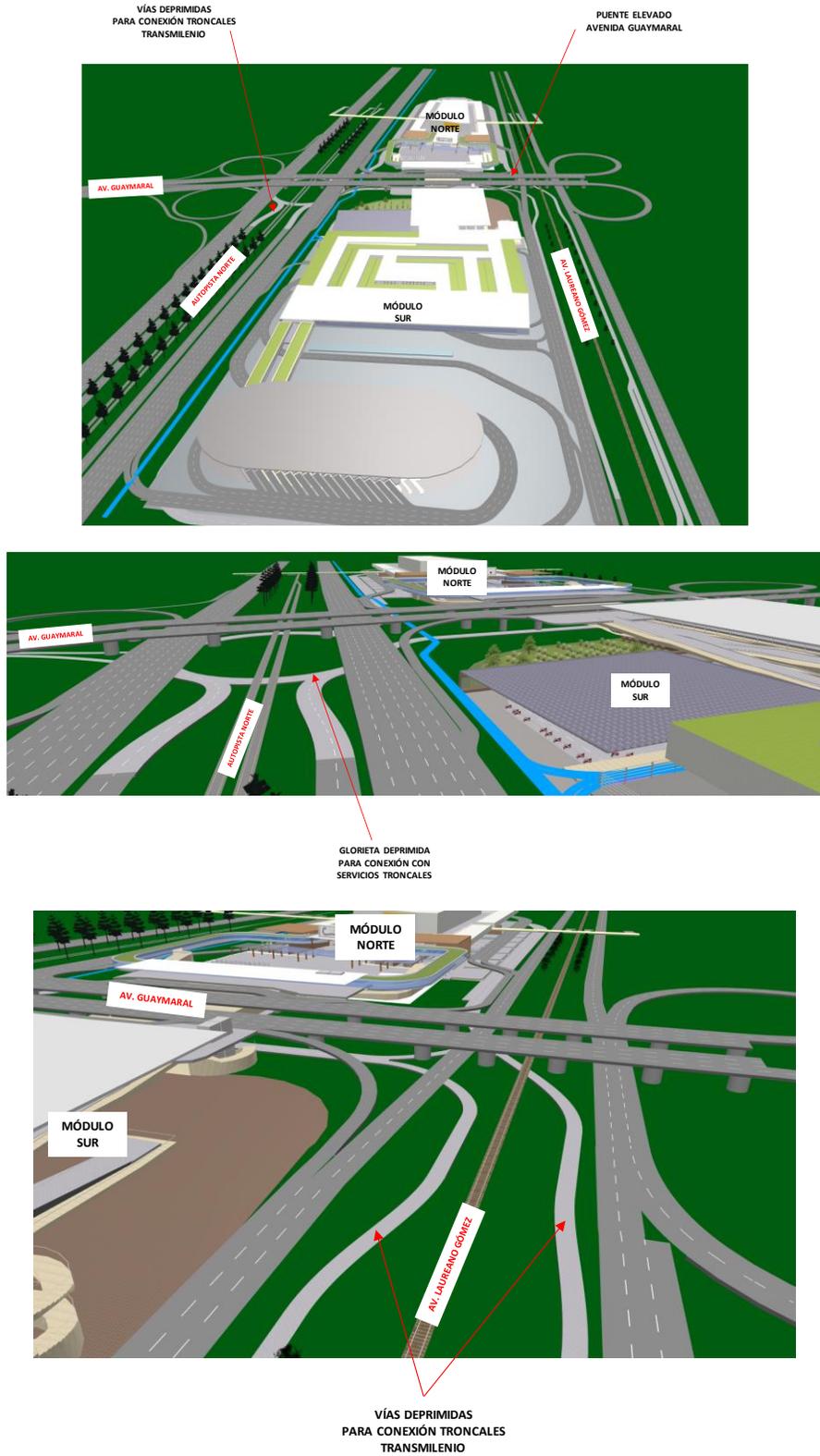
Figura 85. Planteamiento conectividad externa CIM Norte



Fuente: Elaboración propia

La articulación con los corredores del Sistema Transmilenio se realizará mediante vías deprimidas, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 86. Conexiones a desnivel para integración de servicios troncales



Fuente: Elaboración propia

El planteamiento de conectividad con la malla vial aferente considera las siguientes acciones:

- Conexiones a desnivel (deprimido) con los corredores troncales del Sistema Transmilenio (Autopista Norte, Avenida Guaymaral y Avenida Laureano Gómez).
- Generación de una glorieta deprimida en la Autopista Norte con Avenida Guaymaral que servirá de distribuidor, para los vehículos articulados que ingresan y salen del complejo.
- Construcción de puente elevado sobre la Avenida Guaymaral entre la Autopista Norte y la Carrera 9ª para conexión con los servicios alimentadores, SITP, taxis y vehículos privados.

3.5.2 Plan de circulación interna

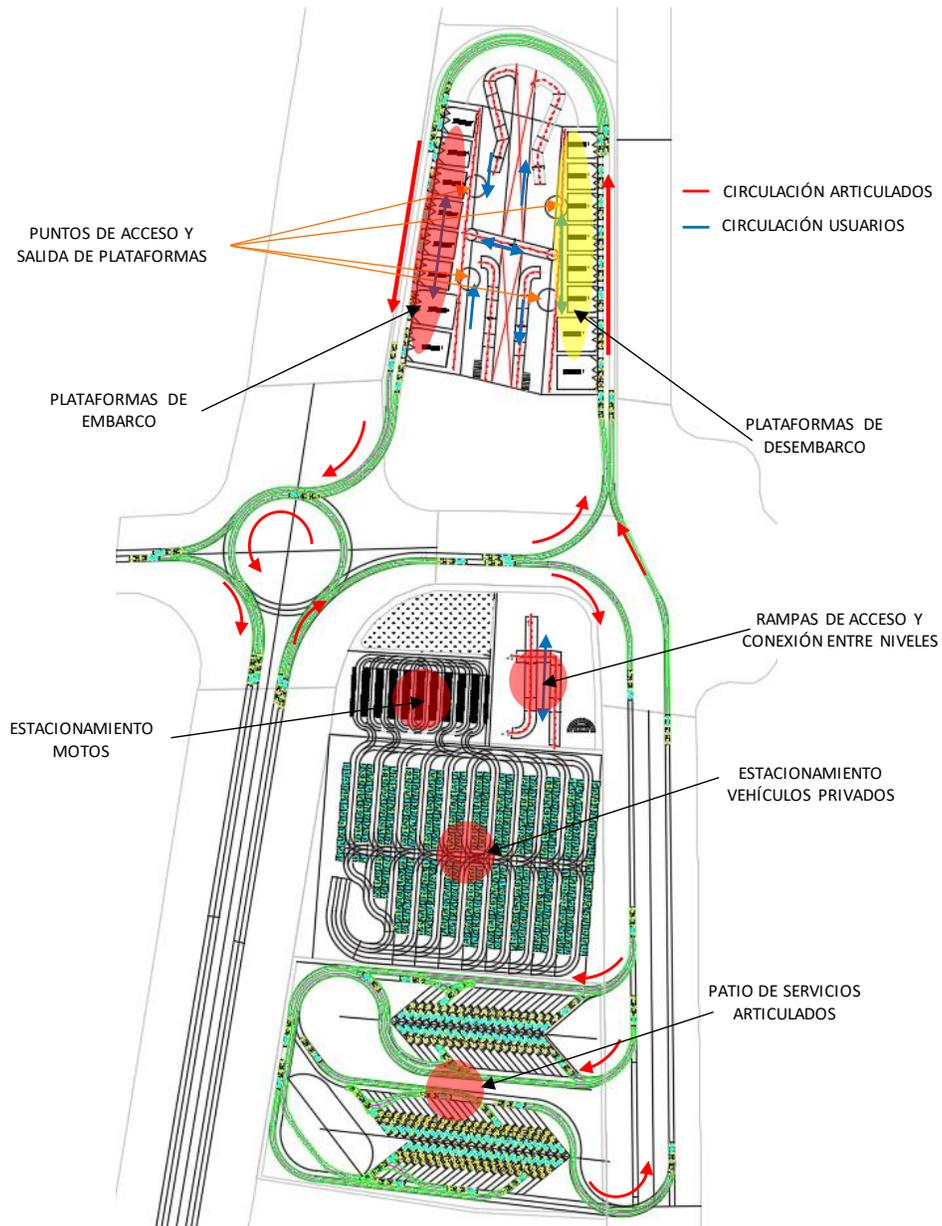
A continuación, se presentan las diferentes plantas o niveles propuestos con los esquemas de circulación vehicular y peatonal.

3.5.2.1 Planta sótano

Como se mencionó, la conexión con los servicios troncales, provenientes de la Avenida Guaymaral, Autopista Norte y Avenida Laureano Gómez (Carrera 9ª) se realizará a desnivel mediante pasos deprimidos. En la Autopista Norte con Avenida Guaymaral se propone una glorieta deprimida que sirva como distribuidor de estos servicios hacia sus diferentes destinos.

La figura 87 muestra lo planteado para esta planta.

Figura 87. Planta nivel sótano con circulación vehicular y peatonal



Fuente: Elaboración propia

En el módulo norte se dispondrá lo correspondiente al servicio a los usuarios que acceden y descienden de los vehículos articulados. En la parte sur de módulo sur, se propone un área de servicios y patio garaje para vehículos articulados, con entrada y salida por la Avenida Laureano Gómez. La zona media del módulo sur acogerá el estacionamiento de

vehículos particulares y en la zona norte de este módulo se dispondrán los estacionamientos para motos y conexiones interniveles con rampas y escaleras.

Las figuras a continuación, muestran esquemáticamente lo planteado, en volumen.

Figura 88. Operaciones en sótano CIM Norte Bogotá D.C.



Glorieta deprimida Autopista Norte con Av. Guaymaral



Acceso y plataformas desembarco articulados



Plataformas abordaje articulados



Estacionamiento privados en sótano

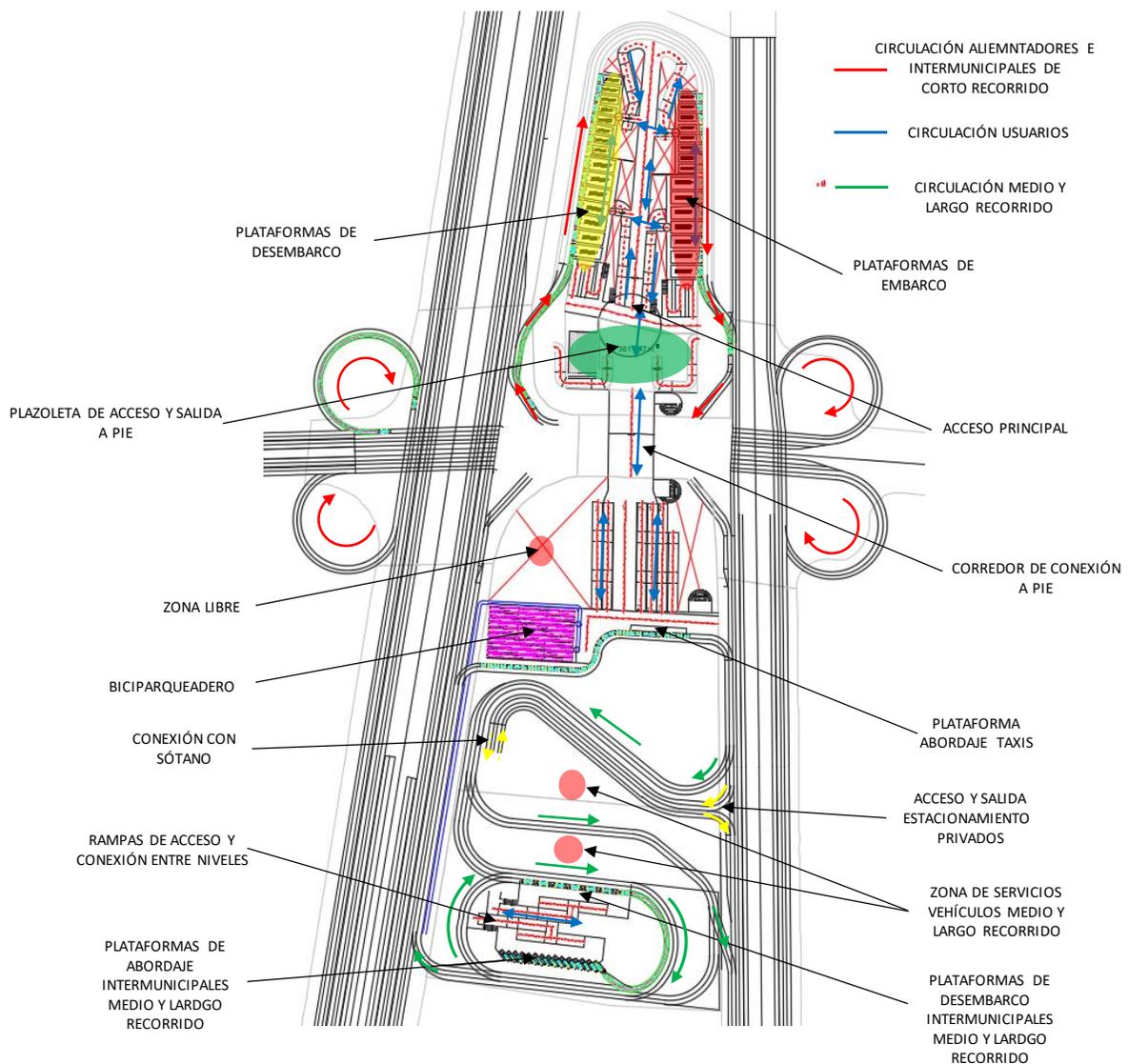
Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2 Planta a nivel

En la planta a nivel, se propone, en el módulo norte, la integración de los modos Alimentadores e Intermunicipales de Corto Recorrido y en el módulo sur lo relacionado con el modo Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido. En el módulo norte, el acceso del servicio de Alimentadores e Intermunicipales de Corto Recorrido se realizará desde la conectante que baja del puente de la Avenida Guaymaral hacia el norte. La salida de estos vehículos, desde la zona oriental del módulo norte, se realizará hacia la Avenida Laureano Gómez hacia el sur.

La figura, a continuación, muestra lo planteado para este nivel.

Figura 89. Planta a nivel del terreno con circulación vehicular y peatonal



Fuente: Elaboración propia

A este nivel, en el módulo sur, se plantea la integración del modo Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido. Se propone un área de patio y servicios, plataformas de abordaje y desembarque, servicios de taxis y un biciparqueadero.

La conexión peatonal entre los dos módulos (norte y sur) se dará bajo el paso elevado de la Avenida Guaymaral.

Las figuras, a continuación, muestran esquemáticamente lo planteado, volumétricamente.

Figura 90. Operación planta a nivel del terreno CIM Norte Bogotá D.C.



Acceso y plataformas de desembarco alimentadores módulo norte



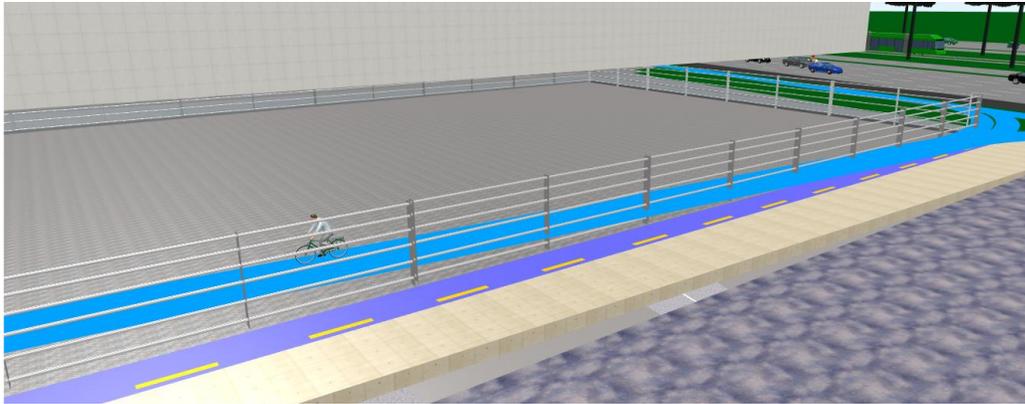
Salida y plataformas de abordaje alimentadores módulo norte



Plataformas de desembarco y abordaje Intermunicipales Medio y Largo Recorrido
Módulo Sur



Plataforma Taxis Módulo Sur



Zona cicloparqueadero Módulo Sur



Conexión peatonal a nivel entre módulo norte y módulo sur, bajo Avenida Guaymaral



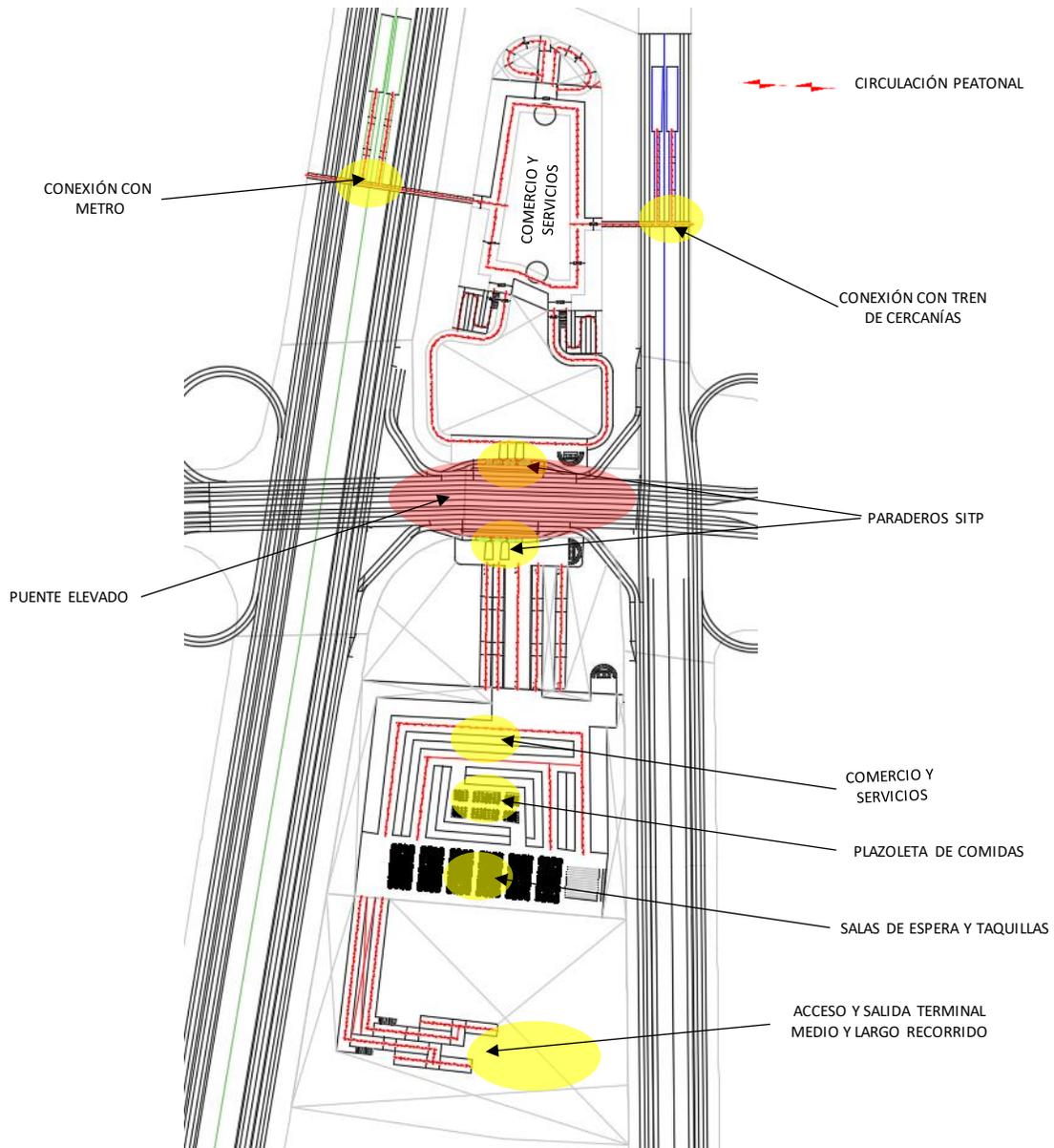
Plazoleta de acceso principal Módulo Norte

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.3 Planta segundo piso

En la planta del segundo piso, del módulo norte, se propone la integración de los modos férreos: Metro y Tren de Cercanías; el primero desde la Autopista Norte, mediante un puente peatonal y el segundo desde la Avenida Laureano Gómez, también mediante puente peatonal. En esta área se propone un generoso espacio para locaciones comerciales y de servicios. Lo propuesto para esta planta se muestra en la figura 91.

Figura 91. Planta segundo piso con circulación peatonal



Fuente: Elaboración propia

Desde las calzadas elevadas de la Avenida Guaymaral, se integrarán mediante paraderos, los servicios del SITP, generando bahías para las maniobras de ascenso y descenso. Los usuarios de este modo accederán a la infraestructura mediante rampas y ascensores que conectarán con la planta a nivel.

En la parte norte del módulo sur, se plantea disponer áreas comerciales, plazoleta de comidas, salas de espera y taquillas. Esta área se conectará, mediante rampas, escaleras y ascensores con la planta a nivel para acceder y salir del terminal del modo Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido. La figura, a continuación, muestra de forma esquemática lo planteado, volumétricamente.

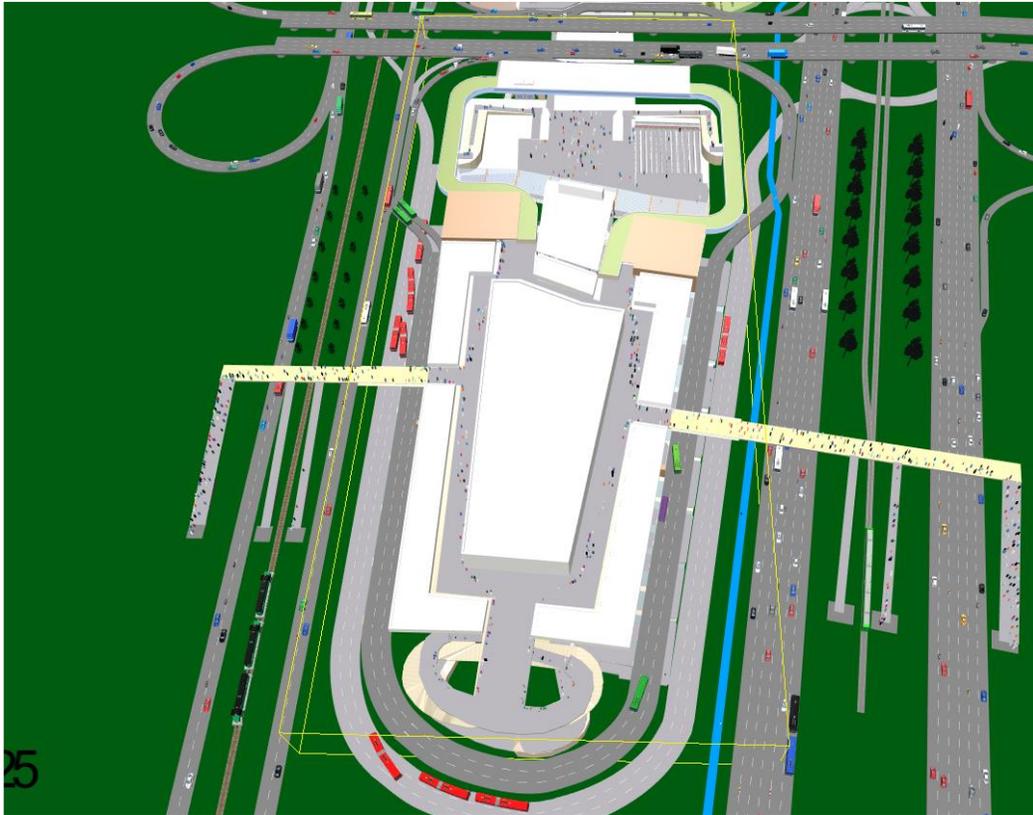
Figura 92. Operación planta segundo CIM Norte de Bogotá D.C.



Integración modo Metro mediante puente peatonal a segunda planta



Integración modo Tren de Cercanías mediante puente peatonal a segunda planta



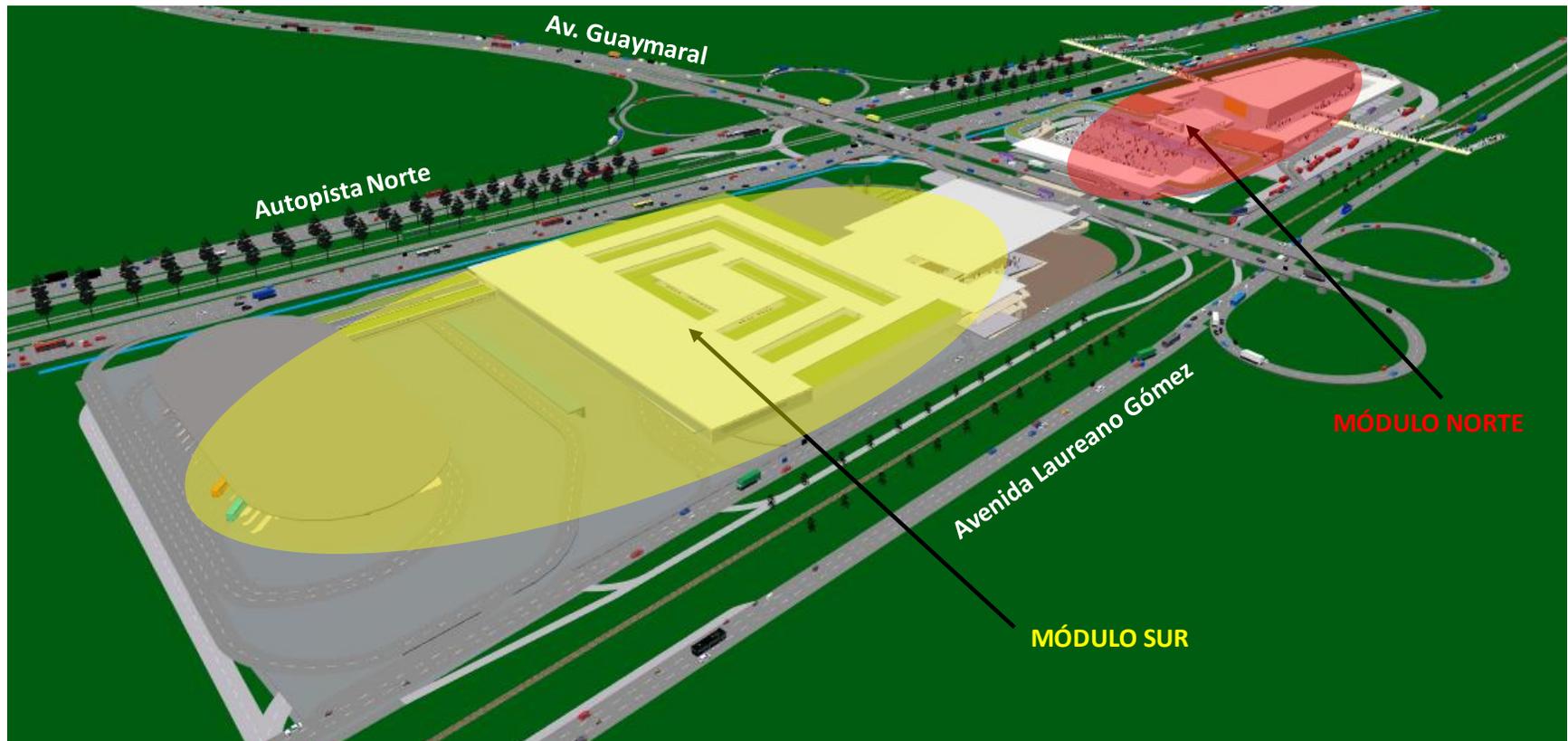
Vista superior segunda planta Módulo Norte con puentes peatonales de conexión con modos férreos



Integración SITP desde calzada elevada Avenida Guaymaral
Fuente: Elaboración propia

En forma general, la figura a continuación muestra la infraestructura propuesta.

Figura 93. Planteamiento CIM Norte Bogotá D.C.



Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Establecimiento del número de puntos de abordaje y desembarco para los diferentes modos a integrar.

De acuerdo a las demandas y ofertas estimadas para el periodo de diseño, a continuación, se calculan los puntos de abordaje y desembarco requeridos para cada modo en integración.

Para su cálculo se parte de la permanencia de cada unidad por modo y por maniobra obtenida del estudio de implantación del Terminal Satélite del Norte, según se muestra en el cuadro a continuación.

Cuadro 21. Permanencia de unidades transportadoras por modo y maniobra

INFRAESTRUCTURA	PERMANENCIA / TIEMPO DE ATENCIÓN (HH:MM:SS)					
	REPORTADO POR TERMINAL DE TRANSPORTE S.A.		VERIFICADO EN CAMPO		ADOPTADO PARA TERMINAL DEL NORTE	
	CORTA DISTANCIA	MEDIA Y LARGA DISTANCIA	CORTA DISTANCI A	MEDIA Y LARGA DISTANCIA	CORTA DISTANCI A	MEDIA Y LARGA DISTANCIA
Plataforma de descenso de pasajeros, transporte intermunicipal.	00:05:00		00:02:30 ⁶	00:03:28	00:01:00 ⁷	00:05:00
Plataforma de ascenso de pasajeros, transporte intermunicipal.	NA	00:17:00	00:03:53 ⁸	00:17:47	00:01:30 ⁹	00:15:00
Plataforma de descenso y ascenso de pasajeros, transporte público colectivo urbano.	00:01:53		00:04:21 ¹⁰		00:00:30 ¹¹	
Plataforma ascenso y descenso taxis urbanos	00:01:15		00:01:00	00:01:19	00:01:00	00:01:30
Parqueo operacional	01:35:00		00:48:04		00:15:00	00:30:00
Taquillas venta de tiquetes (tiquete impreso)	00:01:09		00:00:56	00:00:49	00:00:50	
Taquillas venta de tiquetes (tarjeta de viaje electrónica)	NA		00:00:12	NA	00:00:15	

⁶ Incluye tiempos de espera de vehículos sin descenso de pasajeros.

⁷ Tiempo efectivo de descenso de pasajeros. (no incluye esperas).

⁸ Incluye tiempos de espera de vehículos sin ascenso de pasajeros.

⁹ Tiempo efectivo de ascenso de pasajeros. (no incluye esperas).

¹⁰ Incluye el tiempo en el que se detiene el vehículo es espera de usuarios (pérdida deliberada de tiempo). En el lugar se verificaron características propias de un terminal urbano (inicio y/o fin de recorridos de rutas).

¹¹ Se adopta un tiempo inferior al verificado en campo ya se prevé que los paraderos sean de paso (paradas sin pérdida deliberada de tiempo).

Fuente: Terminal de Transporte S.A. – 2008

Por factor de seguridad, se adoptan los siguientes tiempos de permanencia:

- Alimentadores Transmilenio:
 - Abordaje: 2.5 minutos
 - Desembarco: 2.5 minutos
- Articulados Transmilenio:
 - Abordaje: 2.5 minutos
 - Desembarco: 2.5 minutos
- Intermunicipales de Corto Recorrido:
 - Abordaje: 2.5 minutos
 - Desembarco: 2.5 minutos
- Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido:
 - Abordaje: 15 minutos
 - Desembarco: 5 minutos

Realizados los cálculos, se obtienen los resultados mostrados en el cuadro 22; por factor de seguridad se ofrece mayor cantidad de dársenas, a excepción del modo Articulados en la maniobra de abordaje; sin embargo, teniendo en cuenta la holgura que permite el área disponible, no se considera restrictivo este valor.

Cuadro 22. Dársenas a ofrecer por modo y maniobra

MODO	PLATAFORMA	ESCENARIO AL AÑO 2050			TIEMPO DE ATENCIÓN Y/O PERMANENCIA (min)	VEH./15"	CAPACIDAD	USUARIOS POR DÁRSENA	DÁRSENAS CALCULADAS	DÁRSENAS OFRECIDAS
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"						
ALIMENTADORES TM	DESEMBARCO	3273	55	60	2,5	6	90	540	6	7
	EMBARCO	3247	56	58	2,5	6	90	540	6	7
ARTICULADOS TM	DESEMBARCO	6360	38	166	2,5	6	160	960	7	8
	EMBARCO	8593	71	121	2,5	6	160	960	9	8
INTERMUNICIPALES CORTO RECORRIDO	DESEMBARCO	1213	53	23	2,5	6	40	240	5	8
	EMBARCO	1505	45	33	2,5	6	40	240	6	8
INTERMUNICIPALES LARGO Y MEDIO RECORRIDO	DESEMBARCO	545	14	40	5,0	3	40	120	5	7
	EMBARCO	425	11	40	15,0	1	40	40	11	15

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se establecen las áreas requeridas frente a cada dársena, como espacios de espera.

3.5.4 Establecimiento de áreas requeridas en plataformas para atención de usuarios y zonas de circulación.

Una vez calculados los puntos de atención para abordaje y desembarco, se procede a calcular las dimensiones de las áreas de espera y de circulación las cuales se estimarán para un Nivel de Servicio D al periodo de diseño (30 años), como se mencionó. Para esto se emplean los criterios del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM por sus siglas en inglés) de la Transportation Research Board de los Estados Unidos de América, versión del año 2010. A continuación, se definen los criterios y las áreas requeridas.

Zonas de espera. Son las zonas diseñadas para la acumulación de peatones que no están en movimiento como es el caso de plataformas de abordaje; para las plataformas de desembarco, si bien los usuarios en ellas estarán en circulación, se plantea disponer su área de forma similar a las de abordaje previendo que, por condiciones operativas, puedan ser usadas como tales. Para determinar el nivel de servicio se utilizan los parámetros propuestos por el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM-2000) los cuales se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro 23. Nivel de servicio para zonas de espera de peatones

Nivel de Servicio	Espacio Peatonal (m ² /peat)
A	>1.2
B	>0.9 - 1.2
C	>0.6 - 0.9
D	>0.3 - 0.6
E	>0.2 - 0.3
F	<0.2

Fuente: HCM-2010

De acuerdo a las estimaciones realizadas, para volúmenes peatonales en espera de 15 minutos, se requerirán las áreas mostradas en el cuadro 24, planteando un espacio de 0,45 m² por peatón en plataformas de espera con lo que se satisface un Nivel de Servicio D.

Cuadro 24. Áreas requeridas en plataformas de abordaje y desembarque por modo

MODO	PLATAFORMA	ESCENARIO AL AÑO 2050			DÁRSENAS	ÁREA REQUERIDA POR PLATAFORMA (m ²)
		USUARIOS 15"	UNIDADES 15"	OCUPACIÓN 15"		
ALIMENTADORES TM	DESEMBARQUE	3273	55	60	7	210
	EMBARQUE	3247	56	58	7	209
ARTICULADOS TM	DESEMBARQUE	6360	38	166	8	358
	EMBARQUE	8593	71	121	8	483
INTERMUNICIPALES CORTO RECORRIDO	DESEMBARQUE	1213	53	23	8	68
	EMBARQUE	1505	45	33	8	85
INTERMUNICIPALES LARGO Y MEDIO RECORRIDO	DESEMBARQUE	545	14	40	7	35
	EMBARQUE	425	11	40	15	13

Fuente: Elaboración propia

Zonas de circulación. De acuerdo al Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de la Secretaría de tránsito y Transporte de Bogotá D.C. (2005): “Este tipo de instalaciones son únicas debido a que los peatones no experimentan interrupciones, excepto la interacción con otros peatones”. El ancho efectivo que se debe procurar para las zonas de circulación es uno que permita la transitabilidad de peatones y personas con movilidad reducida de manera cómoda.

Para el cálculo del Nivel de Servicio de este tipo de infraestructuras se emplea el flujo peatonal por unidad de ancho (peat/min/m), el cual se obtiene conociendo el periodo de máxima demanda de 15 minutos y el ancho efectivo de la instalación, con la siguiente expresión:

$$V_p = \frac{V_{15}}{15 * W_e}$$

Donde V_p es el flujo peatonal por unidad de ancho (peatón/min/m), V_{15} es el periodo pico de una hora (peatón/1hora) y W_e es el ancho efectivo total (m).

Una vez obtenido V_p se compara con los criterios establecidos por el HCM, según se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 25. Nivel de servicio para infraestructuras peatonales de flujo continuo

Nivel de servicio	Superficie (m ² /peat)	Volumen (peat/min/m)	Velocidad (m/s)	v/c
A	> 5.6	≤ 16	> 1.30	≤ 0.21
B	> 3.7 - 5.6	> 16 - 23	> 1.27 - 1.30	> 0.21 - 0.31
C	> 2.2 - 3.7	> 23 - 33	> 1.22 - 1.27	> 0.31 - 0.44
D	> 1.4 - 2.2	> 33 - 49	> 1.14 - 1.22	> 0.44 - 0.65
E	> 0.75 - 1.4	> 49 - 75	> 0.75 - 1.14	> 0.65 - 1.00
F	≤ 0.75	Variable	≤ 0.75	Variable

Fuente: HCM-2000

De acuerdo al ancho propuesto en las zonas de circulación, y con los volúmenes peatonales críticos de 15 minutos obtenidos, se procede a calcular el Nivel de Servicio. Para el caso en estudio, el cuadro 26, muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 26. Niveles de servicio para zonas de circulación peatonal CIM Norte Bogotá D.C.

MODO	MANIOBRA	PEATONES 15° AÑO 2050	ZONAS DE CIRCULACIÓN DE 6,5 m		NS ZONAS DE CIRCULACIÓN DE 8,5 m	
			Vp	NS	Vp	NS
ALIMENTADORES TM	LLEGAN	3273	34	D	26	C
	SALEN	3247	33	D	25	C
ARTICULADOS TM*	LLEGAN	3180	33	C	25	C
	SALEN	4297	44	D	34	D
INTERMUNICIPALES CORTO RECORRIDO	LLEGAN	1213	12	A	10	A
	SALEN	1505	15	A	12	A
INTERMUNICIPALES LARGO Y MEDIO RECORRIDO	LLEGAN	545	6	A	4	A
	SALEN	425	4	A	3	A
A PIE	LLEGAN	1525	16	A	12	A
	SALEN	846	9	A	7	A

* Se tiene en cuenta que para la zona dispuesta para el servicio de buses troncales se cuenta, para cada maniobra, con dos (2) rampas

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se muestra que los anchos propuestos, para las zonas de circulación peatonales, son suficientes para albergar los flujos críticos estimados.

3.6 Planteamiento de alternativas arquitectónicas CIM Norte.

El planteamiento arquitectónico propuesto, se basa en los siguientes principios enunciados en la Guía de Diseño para Estaciones de Intercambio de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (2005), así:

- Asegurar el flujo de pasajeros fácil de entender
 - Adoptar líneas de tráfico simples
 - Propender por espacios con visibilidad segura
- Proveer corredores libres sin causar divisiones de área innecesarias
- Adoptar un diseño flexible que considere el espacio para el futuro
 - Ampliación de instalaciones
 - Adoptar instalaciones que respondan a un mayor número de usuarios y expansión de negocios, etc.
 - Asegurar el ancho máximo para la inspección de entradas
- Adoptar instalaciones que tengan en cuenta el ahorro en mano de obra

- Buscar integrar la inspección de boletos
- Buscar la integración de funciones
- Introducir la inspección automática de boletos
- Implementar instalaciones inclusivas que consideren a las personas con movilidad reducida
- Instalar baños para pasajeros en lugares discretos pero de fácil accesibilidad
- No instalar nada adicional al mínimo requerido
- Considerar áreas para oficinas administrativas de la infraestructura
- Tener en cuenta la implementación de Tecnologías de Información que ayuden al viajero de forma fácil y cómoda

Teniendo en cuenta estos lineamientos y cómo se mencionaba líneas arriba, se propone generar la integración de los modos urbanos y el interurbano de corto recorrido en el módulo norte de la infraestructura. En este módulo, a nivel del sótano, se integrará el modo de articulados o servicios troncales de Transmilenio; en el nivel 1, el servicio de alimentadores e intermunicipales de corto recorrido y en el nivel 2, los modos férreos (metro y tren de cercanías). En el nivel 2 se propone el establecimiento de un comercio tipo ancla, considerando la generosidad del área disponible.

En el módulo sur se dispondrá el terminal y la operación del modo intermunicipales de medio y largo recorrido. En este módulo, a nivel del sótano funcionará el patio taller para vehículos articulados y el estacionamiento para vehículos privados y motos; en la planta a nivel se propone el cicloparqueadero, el acceso al servicio de taxis y el terminal de medio y largo recorrido, al cual se accederá desde la segunda planta, en donde estarán ubicadas las taquillas, zonas de espera, plazoleta de comidas y locales comerciales de pequeño y medio tamaño.

Los dos módulos se integrarán mediante un paso peatonal a nivel, bajo las calzadas elevadas de la Avenida Guaymaral.

Previendo un mayor número de usuarios en el módulo norte, se plantea el establecimiento de una gran plazoleta de ingreso a este módulo, en donde se ubicarán las taquillas y zonas libres para mitigación de impactos en caso de situaciones de emergencia.

La integración del modo SITP y usuarios que lleguen a la infraestructura en vehículo particular y taxi, se propone generando plataformas en las dos (2) calzadas elevadas de la Avenida Guaymaral, desde donde se accederá tanto a las plantas superiores de los dos módulos mediante conexiones elevadas como a la planta inferior mediante rampas, escaleras y ascensores.

A continuación, se detallan esquemáticamente, cada una de las locaciones propuestas, mostrando su disposición con el uso de software de diseño y modelación.

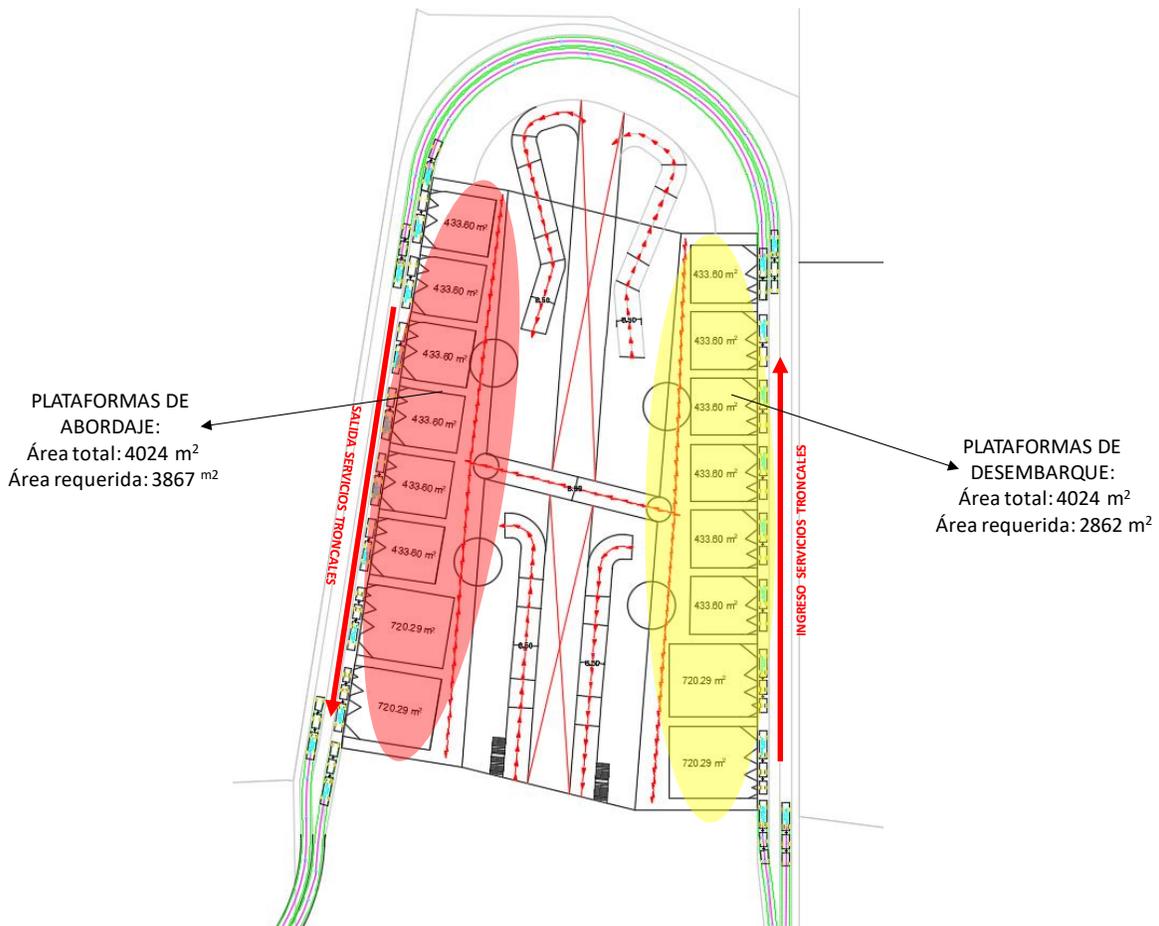
3.6.1 Ubicación de plataformas de abordaje y desembarco

A continuación, se detallan las locaciones propuestas para las plataformas de abordaje y desembarque de cada modo.

3.6.1.1 ARTICULADOS O SERVICIOS TRONCALES

La circulación de este tipo de vehículos se propone en el módulo norte a nivel de sótano, teniendo en cuenta que su conexión es a este nivel, ingresando por el costado oriental de la infraestructura y saliendo por el occidental de la infraestructura. Las plataformas de desembarco y abordaje propuestas se muestran en la figura 94.

Figura 94. Plataformas de desembarque y abordaje servicios troncales (Módulo Norte – Sótano)



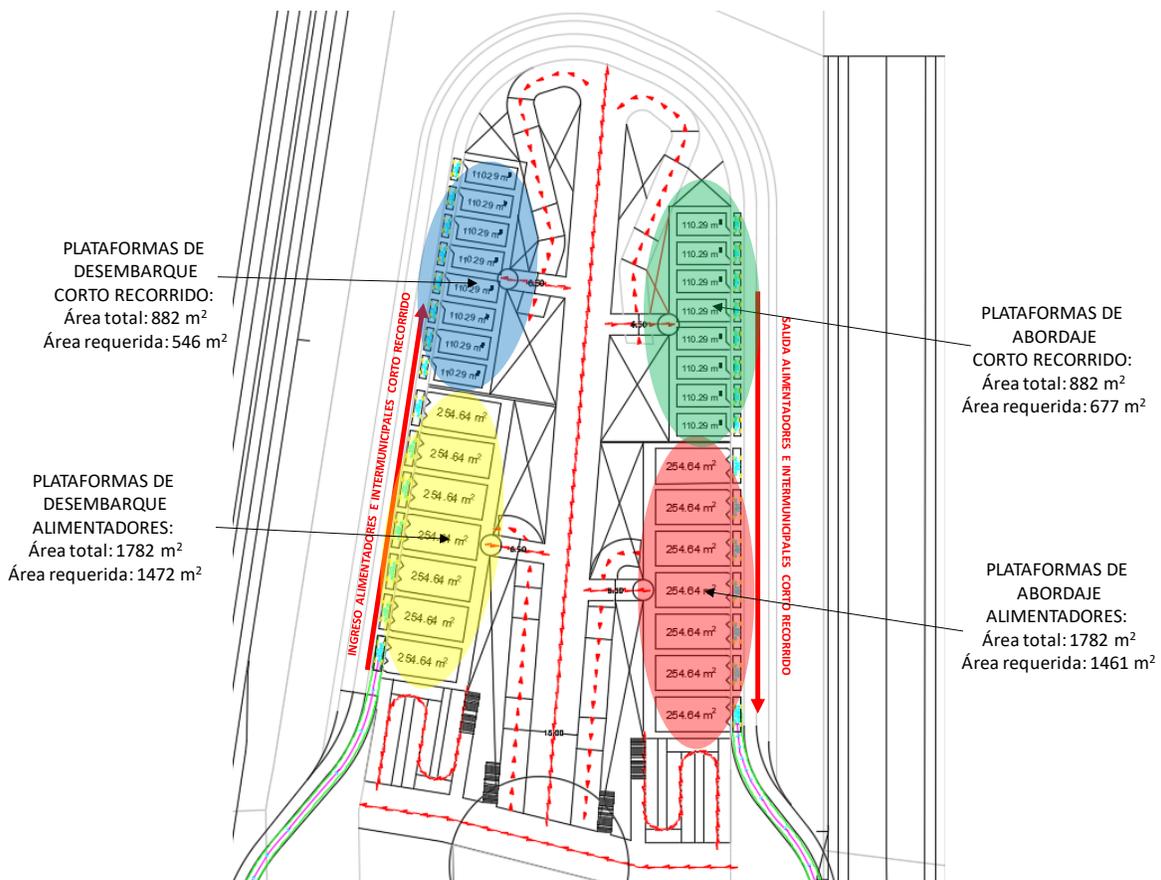
Fuente: Elaboración propia

La plataforma de desembarco se ubicará en el costado oriental de la infraestructura: para los articulados se proponen 8 dársenas, 2 de ellas para biarticulados cada una con una longitud de 28.5 metros y área de espera de 721 metros cuadrados y 6 para articulados con una longitud de 23 metros cada una y área de espera de 433 metros cuadrados. El área total de abordaje propuesta es de 4020 m², la requerida es de 3867 m²; la de desembarque propuesta es de 4020 m² y la requerida es de 2862 m².

3.6.1.2 ALIMENTADORES E INTERMUNICIPALES DE CORTO RECORRIDO

La circulación de este tipo de vehículos se propone a nivel, en el módulo norte, ingresando por la conectante Oriente-Norte de la Avenida Guaymaral con Autopista Norte y saliendo por la Avenida Laureano Gómez. Las plataformas de desembarque y abordaje propuestas se muestran en la figura 95.

Figura 95. Plataformas de desembarque y abordaje Alimentadores e Intermunicipales de Corto Recorrido (Módulo Norte – A nivel)



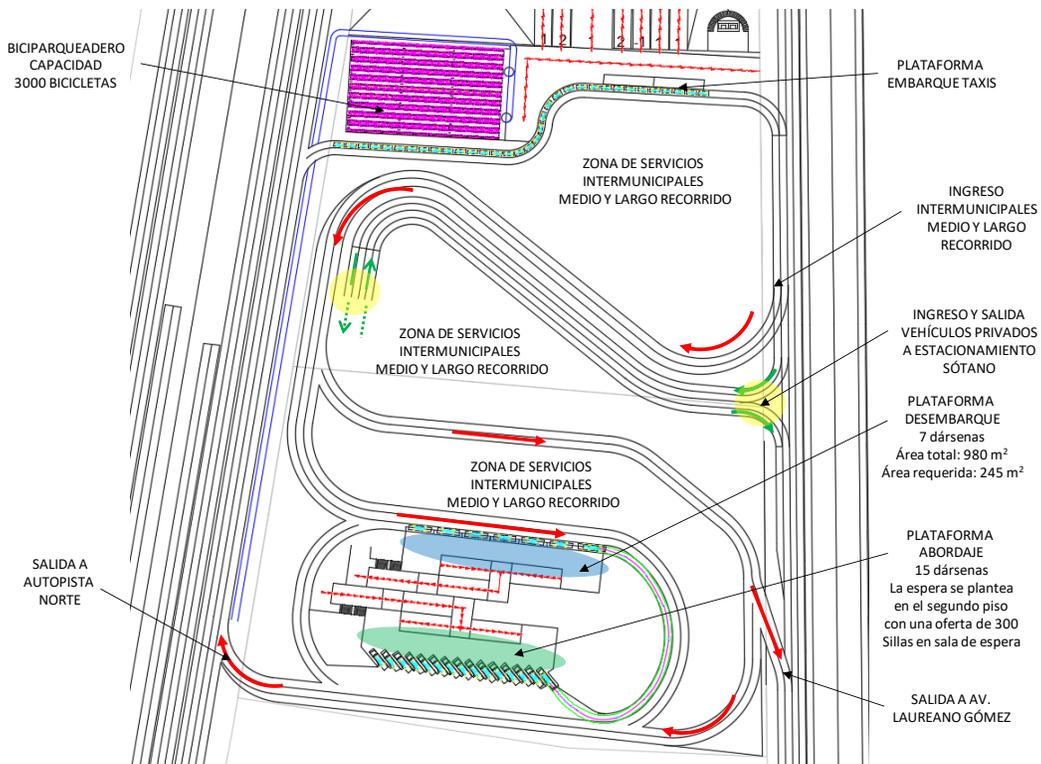
Fuente: Elaboración propia

La plataforma de desembarco se ubicará en el costado occidental de la infraestructura, por donde ingresan las unidades transportadoras de estos modos: para los alimentadores se proponen 7 dársenas cada una con una longitud de 13 m y área de espera de 254 m², cada una, y para los intermunicipales de corto recorrido, 8 dársenas de 9 m de longitud cada una y área de espera de 110 m². El área total de abordaje propuesta, para los intermunicipales de corto recorrido, es de 882 m², la requerida es de 677 m²; la de desembarque propuesta para este modo es de 882 m² y la requerida es de 546 m². Para lo alimentadores, el área total propuesta para abordaje es de 1782 m², la requerida es de 1461 m² y para desembarque de este modo se propone un área total de 1782 m²; lo requerido es de 1472 m².

3.6.1.3 INTERMUNICIPALES DE MEDIO Y LARGO RECORRIDO

Los servicios Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido contarán con espacios suficientes para sus requerimientos tanto de servicios a los vehículos como de atención a los pasajeros en el costado sur del módulo sur. Su acceso se realizará, llegando del norte, por la Avenida Laureano Gómez. La figura 96 muestra el plan de circulación y las plataformas propuestas para este modo.

Figura 96. Área para servicios Intermunicipales de Medio y Largo Recorrido



Fuente: Elaboración propia

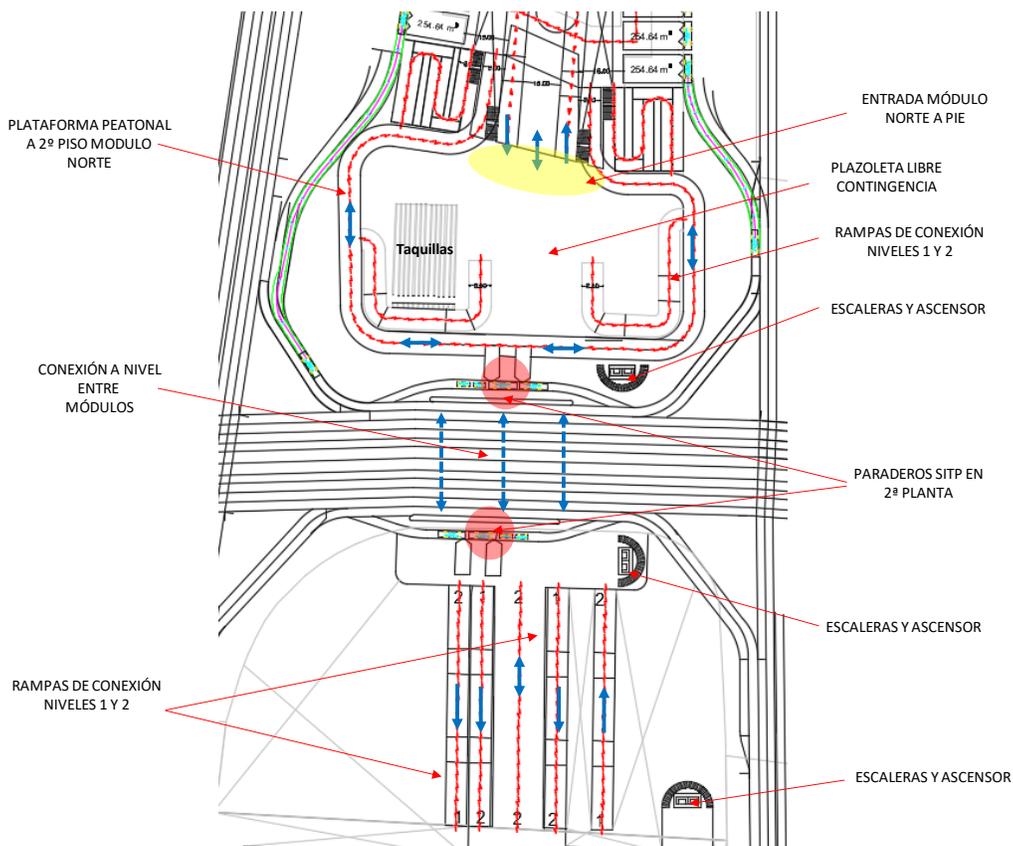
El acceso a la infraestructura, para los vehículos intermunicipales de medio y largo recorrido, se ubicará sobre la Avenida Laureano Gómez desde donde podrán acceder al área de patios y servicios, así como a las plataformas de desembarque y abordaje. En este mismo nivel, al costado norte del módulo sur se ubicará la plataforma para el acceso a servicios de taxi y el biciparqueadero.

3.6.1.4 SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO (SITP) Y CAMINATA

Para la integración de las unidades transportadoras del SITP, se propone la implementación de paraderos en las calzadas elevadas de la Avenida Guaymaral, mediante la disposición de bahías de parqueo que podrán ser empleadas igualmente por vehículos particulares y taxis, en maniobras de descenso.

La conexión de estos paraderos, con la infraestructura, se dará mediante plataformas, rampas, escaleras y ascensores, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 97. Integración del SITP y accesos peatonales principales



Fuente: Elaboración propia

El acceso a la infraestructura, para los vehículos intermunicipales de medio y largo recorrido, se ubicará sobre la Avenida Laureano Gómez desde donde podrán acceder al área de patios y servicios, así como a las plataformas de desembarque y abordaje. En este mismo nivel, al costado norte del módulo sur se ubicará la plataforma para el acceso a servicios de taxi y el biciparquadero.

3.6.2 Ubicación de taquillas

Se proponen dos (2) ubicaciones para taquillas: una en la plazoleta principal de acceso al módulo norte, para los servicios urbanos e interurbanos de corto recorrido y la segunda en la segunda planta del módulo sur, junto a la sala de espera para el modo Intermunicipales de medio y corto recorrido.

Figura 98. Ubicación de taquillas



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio, podrán implementarse más locaciones para la venta de boletos y recarga de tarjetas en sitios estratégicos del complejo.

3.6.3 Zonas de tránsito peatonal

Como se mencionó líneas arriba, las zonas de tránsito peatonal propuestas consisten en corredores, rampas y escaleras, de mínimo 6,5 m de sección transversal, con lo cual se garantiza el confort para los usuarios, brindando los niveles de servicio mostrados en el cuadro 26.

Figura 99. Zonas de circulación peatonal

Módulo Norte



Módulo Sur



Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Plan de circulación interior

El tránsito vehicular, al interior del complejo, para los diferentes modos en integración, se prestará de forma independiente, garantizando de esta manera, la fluidez en el tránsito contando con zonas específicas para cada modo. El plan de circulación interior para los usuarios deberá ser complementado con sistemas de información claros y oportunos ubicados estratégicamente en corredores, pasillos, salas de espera y taquillas.

3.6.5 Zonas de servicios asociados al transporte

Las zonas de servicios asociadas al transporte consisten en locaciones donde el usuario adquiera boletos, como las taquillas, o sitios de recarga de tarjetas, los cuales como se mencionó podrán ubicarse en sitios estratégicos de la infraestructura. Para los vehículos se contará con patio garaje para articulados del Sistema Transmilenio y zona de mantenimiento, parqueo y servicio para intermunicipales de medio y largo recorrido.

3.6.6 Zonas de servicios no asociadas al transporte

Se dispondrán áreas para comercio y servicios en la segunda planta del módulo norte, donde podrá implantarse un almacén tipo ancla, y en la segunda planta del módulo sur, donde se propone la implantación de una plazoleta de comidas y locales comerciales de mediana y pequeña área.

3.7 Síntesis y propuesta general

Con la aplicación de la metodología propuesta, en primer término, se ha estimado la demanda actual para cada modo en integración en el Complejo de Intercambio Modal del Norte de la Ciudad de Bogotá D.C. (CIM Norte), partiendo de información primaria para los modos: Articulados del Sistema Transmilenio, Alimentadores del Sistema Transmilenio, Intermunicipales de corto recorrido, biciusuarios y caminata; y de información secundaria para el modo Intermunicipales de medio y largo recorrido; esta información se ha consolidado para cada modo por maniobra (llegando o saliendo) y para los periodos: Día, Hora de Máxima Demanda (HMD) y periodo máximo de 15 minutos. Como dato relevante se ha obtenido que durante un día típico, el total de usuarios que actualmente hace uso del Portal Norte de Transmilenio, sumando llegadas y salidas a la infraestructura es de 361.826.

Como segundo paso se ha estimado la demanda futura por cada modo, a un horizonte de 30 años (año 2050). Para obtener las demandas futuras se han empleado series históricas existentes en diferentes dependencias, las cuales fueron objeto de análisis

mediante modelos lineales, logarítmicos y exponenciales y su correlación R^2 , seleccionado en cada caso particular la de mejor representatividad. Se ha obtenido que para un día típico se espera atender, en situaciones de máxima demanda, un total de 831.454 usuarios.

Partiendo de la ubicación determinada, por la Administración Municipal, para el CIM Norte de Bogotá D.C. se ha planteado su conectividad con la malla vial aferente al proyecto y especialmente con los corredores de los diferentes modos en integración, a su vez que se han planteado los circuitos internos para los diferentes modos. Con la demanda y la oferta estimada para el periodo de diseño se ha realizado el predimensionamiento operativo de la infraestructura, entendido este como el cálculo de las diferentes áreas requeridas para satisfacción de las necesidades de los usuarios.

Finalmente, conocidas las demandas de áreas, se ha realizado el predimensionamiento arquitectónico de la infraestructura, donde se ha definido la ubicación de las áreas para garantizar la operatividad del complejo y la comodidad de los usuarios.

Es importante, en esta síntesis, notar que el área dispuesta para la infraestructura es suficiente para albergar tanto las necesidades generadas para los transbordos como para la implantación de servicios no asociados al transporte, con lo que se logra el objetivo propuesto en el presente trabajo.

Capítulo 4 Conclusiones

Los Complejos de Intercambio Modal (CIM) de pasajeros o usuarios del transporte público colectivo son una clase especial de Intercambiadores Modales (IM), en donde los servicios asociados al transporte que se prestan para realizar los transbordos entre los modos considerados son complementados con áreas que brindan servicios a los usuarios que no están necesariamente asociados al transporte como zonas comerciales, plazoletas de comidas, cafeterías, sucursales bancarias, entre otros, que buscan el aprovechamiento del tiempo en las etapas intermedias del viaje y el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.

Este tipo de infraestructuras ha demostrado ser de buen recibo por parte de los usuarios del transporte en diferentes ciudades en los que se han implementado, hecho que se ha demostrado con el crecimiento sostenido de la demanda de transporte y de servicios en ellos.

En el presente trabajo, como objetivo principal del mismo, se ha propuesto una metodología para ser empleada en el predimensionamiento físico y operativo de Complejos de Intercambio Modal y se ha aplicado al Complejo de Intercambio Modal del Norte de Bogotá D.C., planteado en el Plan Maestro de Movilidad de la ciudad como infraestructura de transporte prioritaria.

La metodología propuesta parte del análisis y conocimiento de la ubicación de la infraestructura y de su grado de articulación con el sistema de transporte urbano de la ciudad, que para el caso de estudio es periférico por estar en la periferia norte de la ciudad y altamente articulado por plantear la integración de los modos interurbanos con todos los modos urbanos de transporte existentes.

A continuación, se identifican los modos a integrar y se realiza un análisis del área propuesta en cuanto a sus dimensiones y conectividad con la malla vial aferente a fin de establecer la mejor manera de integración y las posibles limitaciones existentes en cuanto a espacio e interconectividad. Para el caso en estudio se ha establecido que el sitio dispuesto por la Administración Municipal, si bien es suficiente en espacio, requiere de la implantación de una obra de infraestructura vial que permita su articulación adecuada con los corredores de los diferentes modos de transporte que se pretende integrar. Es así como se propone la construcción de una intersección a desnivel en la Autopista Norte con Avenida Guaymaral, en la que la Avenida Guaymaral se eleva entre la Autopista Norte y la Avenida Laureano Gómez (Carrera 9ª).

De forma similar, conocidos los modos a integrar, es necesario identificar infraestructuras tipo Intercambiador Modal, existentes en la ciudad que permitan cuantificar la oferta y la demanda de los servicios. Para el caso en estudio se identificó y caracterizó el Portal Norte de Transmilenio para la cuantificación de estas variables para los modos urbanos e interurbano de corto recorrido; para el caso de los intermunicipales de medio y corto

recorrido se acudió a información secundaria del Terminal Satélite del Norte y para la caracterización de ciclousuarios, el Portal Américas del Sistema Transmilenio. Es así como se estableció que, en la actualidad, para un día típico, el volumen de usuarios en el Portan Norte de Transmilenio es de 361.826.

Conocidas las magnitudes actuales de demanda y oferta de servicios, se procede a estimar su crecimiento al periodo de diseño, que para el caso se estableció en 30 años. Esta estimación se realiza mediante el análisis de series históricas existentes, con las cuales se adoptan tasas de crecimiento partiendo de los modelos matemáticos que mejor correlación presenten. Es así como, para el caso en estudio, se estimó que para un día típico se dará servicio a un volumen de 831.454 usuarios; sin contar con los posibles usuarios del proyecto Metro ni Tren de Cercanías ni los visitantes de la infraestructura que asistan a la misma provenientes del modo caminata y no realicen actividades asociadas al transporte como ir de compras, diligencias o esparcimiento, entre otros.

Con la demanda y la oferta estimada para el periodo de diseño se procede a calcular las instalaciones requeridas que satisfagan adecuadamente los servicios asociados al transporte y a proponer áreas para servicios no asociados al mismo como componente fundamental de un Complejo de Intercambio Modal. Para el caso en estudio se han propuesto áreas que permiten el establecimiento de un centro comercial tipo ancla, plazoleta de comidas, locales comerciales de mediano y pequeño tamaño y zonas tipo plazoletas para comodidad de los usuarios.

Si bien la metodología propuesta permite el predimensionamiento de las locaciones a implementar en una infraestructura tipo CIM, es un punto de partida para futuras investigaciones y estimaciones detalladas que permitan la adecuada implantación de este tipo de complejos, como diseños detallados de cada área, servicios públicos, operación de flotas, entre otros. Así mismo, puede tomarse para análisis de este tipo de infraestructuras como generadoras de centralidades a nivel urbano y como nodos articuladores de la ciudad-región.

Capítulo 5 Referencias Bibliográficas

- Agencia de Cooperación Internacional de Japón -JICA-. (2005). *STATION AND STATION PLAZA DESIGN*. Obtenido de http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11633401_12.PDF
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA -. (s.f.). *Station and Station Plaza Desing Chapter 6*. Obtenido de [jicareport.jica.go.jp: http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11633401_12.PDF](http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11633401_12.PDF)
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2004). *Decreto 190 DE 2004 "Plan de Ordenamiento Territorial"*.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2006). *Decreto 319 de 2006 "Plan Maestro de Movilidad"*.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2017). *Decreto de 2017 "Plan de Ordenamiento Zonal del Norte - Ciudad Lagos de Torca"*.
- Barthelemy, Liotard, Guyon, & Bourgeois. (1997). *Les gares, locomotives du développement?* Obtenido de www.side.developpement-durable.gouv.fr
- Colombia. Congreso de la República. (1997). *Ley 388 de 1997 "Ley de Desarrollo Territorial"*. Obtenido de <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/ley388.html>
- Colombia. Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Documento Conpes 3900 "Apoyo del Gobierno Nacional al Sistema de Transporte Público de Bogotá y Declaratoria de Importancia Estratégica del Proyecto Primera Línea del Metro - Tramo 1" (25 de septiembre de 2017)*. Obtenido de www.dnp.gov.co
- Consorcio Transportes de Madrid. (2014). *El Intercambiador de Moncloa en Madrid España*. Obtenido de Consorcio Transportes de Madrid: www.crtm.es
- Contraloría de Bogotá D.C. (2014). *Intercambiadores Modales (Avances y Estancamientos)*. Obtenido de PLAN ANUAL DE ESTUDIOS PAE 2014 - DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE ECONOMÍA Y POLÍTICA PÚBLICA: <http://www.contraloriabogota.gov.co>
- DB Station & Service AG. (2019). *Estación Central de Stuttgart en Stuttgart Alemania*. Obtenido de Bahnhof.de: www.bahnhof.de
- Diaz Marquez, S. E. (2011). Aproximación territorial a los intercambiadores de transporte. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, I Semestre 2011, vol. 20, No. 30*.
- Diaz, S. E., & De Ureña, J. M. (2010). El Estudio del Papel Territorial de los Intercambiadores de Transporte. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles No. 54, 29-56*.

- European Commission Seventh Framework Cooperation Work Programme. (2013). *Innovative design and operation of new or upgraded efficient urban transport interchanges. City-HUB Project*. Bruselas.
- Garber, N., & Lester, H. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras, 3a. ed.* México D.F.: Thomson.
- Girardotti, L. M. (2003). *Previsión de la demanda en corredores*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires: www.fi.uba.ar
- Gómez, E. P. (2016). Criterios de diseño para estaciones de transferencia intermodal para facilitar la movilidad urbana sustentable (conveniente). *Tesis de Maestría*. Tlaquepaque, Jalisco, Mexico: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.
- International Association of Public Transport -UITP-. (2013). *La Integración un desafío para el transporte público*. Obtenido de Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras.
- Islas, V., Rivera, C., & Torres, G. (2002). *Estudio de la demanda del Transporte*. Obtenido de Instituto Mexicano del Transporte.
- Kittelson & Associates. (2003). *Mastering the Massively Multimodal Intersection*. Obtenido de Kittelson & Associates: www.kittelson.com
- Olmo, S. H. (2016). Herramientas de Análisis para la Gestión de Intercambiadores Urbanos de Transporte. *XII Congreso de Ingeniería del Transporte*. Valencia - España.
- Organización de las Naciones Unidas, Department of Economic and Social Affairs. (2012). *World Urbanization Prospects, the 2011 Revision (Report)*. . New York: Department of Economic and Social Affairs.
- Paolo Neirotti, A. D. (2013). *Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts*. Obtenido de www.sciencedirect.com.
- Romana, M., Nuñez, M., Martínez, J. M., & Arizaleta, R. D. (2017). *Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 Traducción al Castellano*. Madrid: FC Editorial.
- Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá. (2005). Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. Bogotá D.C., Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá D.C. (2006). *Formulación del Plan de Intercambiadores Modales*.
- Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá D.C. (2016). *Encuesta de Movilidad del año 2015*. Obtenido de Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá D.C.: www.movilidadbogota.gov.co

- Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C. (2009). *Destino Capital Movilidad Sostenible*. Obtenido de Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C.: <http://oab.ambientebogota.gov.co>
- Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C. (2014). *Región Metropolitana de Bogotá: Una Visión de la Ocupación del Suelo*. Obtenido de Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C.: www.sdp.gov.co
- Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C. (2017). *Encuesta Multipropósito 2017*. Obtenido de Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C.: www.sdp.gov.co
- Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C. (2018). *Análisis Demográfico y Proyecciones Poblacionales de Bogotá*. Obtenido de Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C.: www.sdp.gov.co
- Terminal de Transporte de Bogotá S.A. . (2008). *Estudios y Diseños del Plan de Implantación para la Construcción, puesta en marcha y operación de la Terminal Interurbana de Pasajeros del Norte*. Bogotá D.C.
- Transmilenio S.A. (2017). *Transmilenio en Cifras 2017*. Obtenido de www.transmilenio.gov.co
- Transportation Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual HCM 2010*. Washington, DC: TRB.
- Universidad de La Sabana. (2017). *Sabana Centro Cómo Vamos*. Obtenido de Informe de Calidad de Vida 2017: www.unisabana.edu.co
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Octava Edición*. México D.F.: Pearson Educación.
- Wikipedia.org. (2018). *La Estación Gare du Nort en Paris - Francia*. Obtenido de Wikipedia.org: <https://es.wikipedia.org>
- Wikipedia.org. (2019). *La Estación Central de Stuttgart*. Obtenido de Wikipedia.org: <https://es.wikipedia.org>
- Wright, L., & Hook, W. (2007). *Bus Rapid Transit Planning Guide*. New York, NY 10001 USA: Institute for Transportation & Development Policy.