

**ASESORÍA EN OPERACIÓN Y TRANSPORTE PARA EL SISTEMA INTEGRADO  
DE TRANSPORTE DE SANTIAGO DE CALI - MIO**

Documento Técnico  
Revisión de parámetros operacionales del MIO

Enero de 2006

# ASESORÍA EN OPERACIÓN Y TRANSPORTE PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE SANTIAGO DE CALI - MIO

Documento Técnico  
Revisión de parámetros operacionales del MIO  
Enero de 2006

1	PRESENTACIÓN .....	1
2	FASES DE IMPLANTACIÓN.....	2
3	SISTEMA DE RUTAS .....	4
3.1	Configuración de rutas por fase.....	5
3.2	Modelo de transporte.....	7
4	PARÁMETROS OPERACIONALES.....	12
4.1	Tipos de vehículos.....	12
4.2	Parámetros para el diseño operacional .....	13
4.3	Flota y recorrido promedio diario por ruta.....	14
4.3.1	Parámetros de la Fase 1 .....	14
4.3.2	Parámetros de la Fase 2 .....	14
4.3.3	Parámetros de la Fase 3 .....	14
4.3.4	Alternativas de tipología de vehículos articulados para el Sistema MIO. ....	14
5	REQUERIMIENTOS EN INFRAESTRUCTURA.....	14
5.1	Estaciones Terminales .....	14
5.1.1	DIMENSIONAMIENTO DE TERMINALES.....	14
5.1.2	REVISIÓN Y SEGUIMIENTO AL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA .....	14
5.2	Estaciones de parada.....	14
5.3	Patios y Talleres.....	14
6	CALIDAD DEL SERVICIO EN EL MIO.....	14
6.1	ÍNDICE DE REGULARIDAD.....	14
6.2	ÍNDICE DE PUNTUALIDAD .....	14
6.3	ÍNDICE DE OPERACIÓN.....	14
6.4	ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD .....	14
6.5	ÍNDICE DE ESTADO DE LOS AUTOBUSES.....	14
6.6	ÍNDICE DE DESEMPEÑO AMBIENTAL .....	14
6.6.1	Manejo de elementos de postratamiento .....	14
6.6.2	Índice de manejo de residuos .....	14
6.6.3	Índice de contaminación por emisiones .....	14
6.7	ÍNDICE DE ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA A SU CARGO .....	14
7	INTEGRACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE TRANSPORTE .....	14
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	14

## Figuras

Figura 1. Fase 1 de implantación de corredores troncales del MIO.....	2
Figura 2. Fase 2 de implantación de corredores troncales del MIO.....	3
Figura 3. Fase 3 de implantación de corredores troncales del MIO.....	3
Figura 4. Configuración de rutas de la Fase 1.....	5
Figura 5. Configuración de rutas de la Fase 2.....	6
Figura 6. Configuración de rutas de la Fase 3.....	7
Figura 7. Rutas troncales Fase 3.....	9
Figura 8. Variación horaria de la demanda en Cali.....	14
Figura 9. Zonas Cobertura del Sistema por servicios para la Fase 1.....	14
Figura 10. Zonas Cobertura del Sistema por puntos de acceso al Sistema para la Fase 1.....	14
Figura 11. Zonas Cobertura del Sistema por servicios para la Fase 2.....	14
Figura 12. Zonas Cobertura del Sistema por puntos de acceso al Sistema para la Fase 2.....	14
Figura 13. Zonas Cobertura del Sistema por servicios para la Fase 3.....	14
Figura 14. Zonas Cobertura del Sistema por puntos de acceso al Sistema para la Fase 3.....	14
Figura 15. Distribución del interior del autobús con tres y cuatro puertas.....	14
Figura 16. Serie hitórica de información climática.....	14
Figura 17. Ejemplos de vehículos especiales para discapacitados.....	14

## Tablas

Tabla 1: Descripción de corredore para la implementación del Sistema MIO.....	2
Tabla 2. Rutas y estaciones de parada (Fase 3).....	9
Tabla 3. Kilómetros estimados en vacío.....	14
Tabla 4. Parámetros operacionales de rutas troncales – Fase 1.....	14
Tabla 5. Parámetros operacionales de rutas auxiliares – Fase 1.....	14
Tabla 6. Parámetros operacionales de rutas alimentadoras – Fase 1.....	14
Tabla 7. Resumen de flota operacional para la Fase 1.....	14
Tabla 8. Resumen de recorrido promedio diario (RPD) en día hábil para la Fase 1.....	14
Tabla 9. Parámetros operacionales de las rutas troncales de la Fase 2.....	14
Tabla 10. Parámetros operacionales de las rutas auxiliares de la Fase 2.....	14
Tabla 11. Parámetros operacionales de las rutas alimentadoras de la Fase 2.....	14
Tabla 12. Resumen de la flota operacional para la Fase 2.....	14
Tabla 13. Resumen de recorrido promedio diario en día hábil para la Fase 2.....	14
Tabla 14. Parámetros operacionales de las rutas troncales de la Fase 3.....	14
Tabla 15. Parámetros operacionales de las rutas pre-troncales de la Fase 3.....	14
Tabla 16. Parámetros operacionales de las rutas alimentadoras de la Fase 3.....	14
Tabla 17. Resumen de la flota operacional para la Fase 3.....	14
Tabla 18. Resumen de recorrido promedio diario en día hábil para la Fase 3.....	14

Tabla 19. Cantidad de bahías en Estaciones Terminales del Sistema MIO en la Fase 3. ....	14
Tabla 20. Cantidad bahías en Estaciones Terminales del Sistema MIO para el primer escenario de expansión considerado. ....	14
Tabla 21. Cantidad bahías en Estaciones Terminales del Sistema MIO para el segundo escenario de expansión considerado. ....	14
Tabla 22. Cantidad de Rutas en cada Estación Terminal del Sistema MIO para su Fase III .....	14
Tabla 23. Saturación de las Estaciones de Parada .....	14
Tabla 24: Resumen de Estaciones de Parada S.I.T.M. ....	14
Tabla 25. Areas requeridas para los patios con reserva de posible crecimiento del MIO .....	14
Tabla 26. Parámetros para índices de calidad de desempeño del Concesionario (ICD) .....	14
Tabla 27. Intervalos de las rutas troncales de la Fase 1 por período horario.....	14
Tabla 28. Intervalos de las rutas pretroncales de la Fase 1 por período horario .....	14

### **Anexos**

- Anexo 1. Mapas de Rutas Troncales, Rutas Auxiliares y Rutas Alimentadoras
- Anexo 2. Parámetros Básicos y Revisión de Infraestructura de Estaciones Terminales, Patios y Talleres y Estaciones de Parada del Sistema MIO.
- Anexo 3. Estudio para la definición de las especificaciones de los autobuses del Sistema MIO.
- Anexo 4. Listado de corredores a ser utilizados para el Sistema MIO.
- Anexo 5. Evaluación de Reubicación de Estaciones Terminales.
- Anexo 6. Informe de Integración de Zonas de Ladera –Camperos– con el Sistema Integrado de Transporte Masivo MIO.

## ASESORÍA EN OPERACIÓN Y TRANSPORTE PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE SANTIAGO DE CALI - MIO

Documento Técnico  
Revisión de parámetros operacionales del MIO  
Enero de 2006

### 1 PRESENTACIÓN

El sistema MIO ha definido su cronograma de construcción de infraestructuras para el sistema integrado de transporte, por tanto, se definen las etapas de implantación del sistema de rutas y la respectiva gradualidad. De este modo, las etapas de implantación previstas en los documentos técnicos de Corfivalle han debido actualizarse según el nuevo cronograma de obras de infraestructura.

Para la revisión de las etapas de implantación se ha aplicado el modelo de transporte implantado en el EMME2, con las respectivas actividades de revisión, actualización y preparación de los escenarios para las fases definidas. El grupo técnico de Metrocali había venido trabajando en esta actividad y con la presente asistencia técnica de manera conjunta ha participado en el desarrollo del proceso, enriqueciéndose la toma de decisiones respecto a la configuración del sistema.

Cabe mencionar que los principios fundamentales del diseño conceptual existente no se han modificado, es decir, el sistema integrado de transporte MIO considera un sistema pretruncal-alimentador troncal-alimentador, con integración física, temporal, tarifaria y operacional para toda la ciudad.

En este documento se presentan los resultados de la revisión del sistema de rutas propuesto para cada etapa y los ajustes recomendados. Así mismo, se determinan los parámetros operacionales del sistema de rutas y se revisa el impacto en las infraestructuras del sistema, especialmente en el tema relacionado con la capacidad en estaciones terminales, estaciones de parada y patios.

Los datos aquí presentados corresponden a una referencia aceptable de los parámetros operacionales del sistema MIO. No obstante, se advierte que en la etapa de puesta en marcha y durante la operación se podrán realizar ajustes en los parámetros indicados, especialmente cuando se pueda contar con las mediciones directas sobre el sistema (entradas y salidas en estaciones, matrices origen-destino observadas, tiempos de viaje observados). Este tipo de ajustes son necesarios en todo sistema y hacen parte de las actividades normales del organismo de gestión.

## 2 FASES DE IMPLANTACIÓN

A la fecha se han definido tres fases para la implantación del sistema de rutas, compatibles con el cronograma de obras, a saber:

Tabla 1: Descripción de corredore para la implementación del Sistema MIO.

Fase	Corredores	Estaciones Terminales
Fase 1.	Carrera 1, Calle 13, Calle 15, Carrera 15 y Calle 5.	Sur, Puerto Mallarino, Calima, Calle 5-Carrera 52
Fase 2.	Corredor Aguablanca y Avenida 3N.	Sameco, Aguablanca, Villahermosa, Guadalupe
Fase 3.	Autopista Simón Bolívar y Calle 70.	-

La programación de las fases o etapas de construcción tienen plazos de referencia que pueden variar según imprevistos, sin embargo las metas obedecen a una planeación ampliamente revisada por parte de las autoridades y entidades que trabajan en la gestión para la implantación del MIO. La Fase 1 se ha programado para entrar en operación en el año 2007, la Fase 2 en el año 2008 y la Fase 3 en el año 2009, plazos considerados razonables según la experiencia y magnitud de las obras que se construirán. Las figuras siguientes ilustran las fases de implantación de las principales infraestructuras del sistema (corredores troncales, Estaciones de parada y Estaciones terminales de transferencia).

Figura 1. Fase 1 de implantación de corredores troncales del MIO

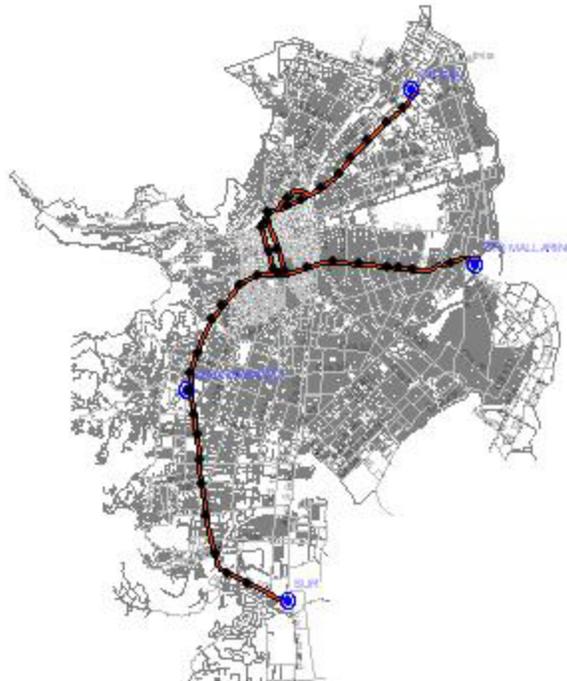


Figura 2. Fase 2 de implantación de corredores troncales del MIO

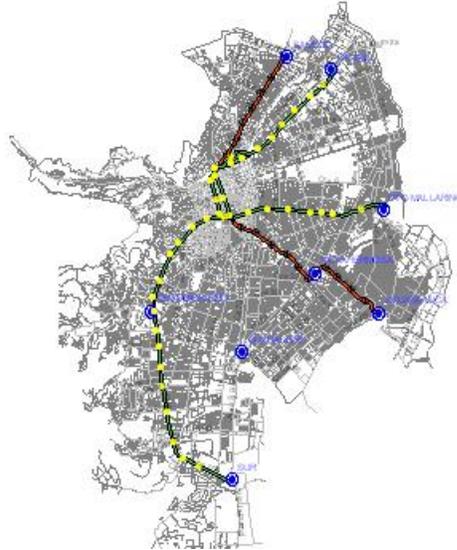
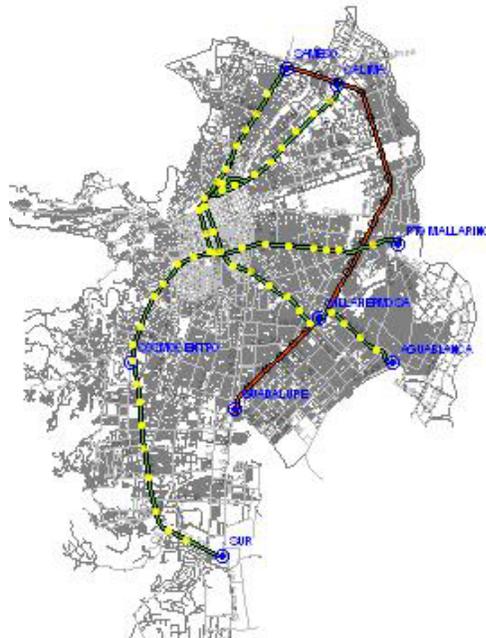


Figura 3. Fase 3 de implantación de corredores troncales del MIO



### 3 SISTEMA DE RUTAS

El sistema integrado de transporte MIO considera una estructura de rutas basada en un sistema Pretroncal-alimentador Troncal-alimentador. De este modo, se tendrán rutas troncales, rutas auxiliares y rutas alimentadoras, según el tipo de corredor, nivel de demanda y cuenca de transporte en la que se encuentran ubicadas. Para mejor precisión se definen a continuación cada uno de estos tipos de rutas del nuevo sistema:

- **Rutas troncales:** atienden los principales corredores de alta demanda con vehículos de alta capacidad (autobuses articulados) y con tratamiento preferencial en carriles exclusivos.
- **Rutas auxiliares:** ubicadas en corredores de demanda media, con vehículos tipo padrón circulando en tráfico mixto principalmente.
- **Rutas alimentadoras:** ubicadas en cuencas de alimentación con vehículos complementarios o padrón, circulando en tráfico mixto.

Para las fases 1 y 2 se tendrán como complemento de la movilidad de la ciudad los servicios de rutas remanentes, así se denominan las rutas convencionales, con las características y forma de operación actual y que no hacen parte del nuevo Sistema.

Para cada una de las fases de implantación según las etapas de construcción de las infraestructuras del nuevo sistema se ha debido configurar el respectivo sistema de rutas. Para la selección de la mejor alternativa en cada fase se realizaron varias modelaciones en el programa Emme2 con el fin de comparar los principales indicadores de las mismas (flota, tiempo generalizado, captación de demanda). En este documento para efectos prácticos se presentan únicamente los resultados finales del sistema de rutas que se han seleccionado. En la definición del sistema de rutas el consultor y el grupo técnico de Metro Cali S.A. trabajaron conjuntamente, lográndose importantes aportes de las partes.

El sistema de rutas remanentes en cada fase corresponde a una primera propuesta, tomando en cuenta el principio de atender todos los usuarios y de evitar duplicidad o competencia innecesaria con el sistema MIO. La configuración definitiva del sistema de rutas remanentes en las fases de transición será el resultado del estudio de reestructuración que necesariamente adelantará la autoridad de transporte, eso sí, respetando los principios antes mencionados.

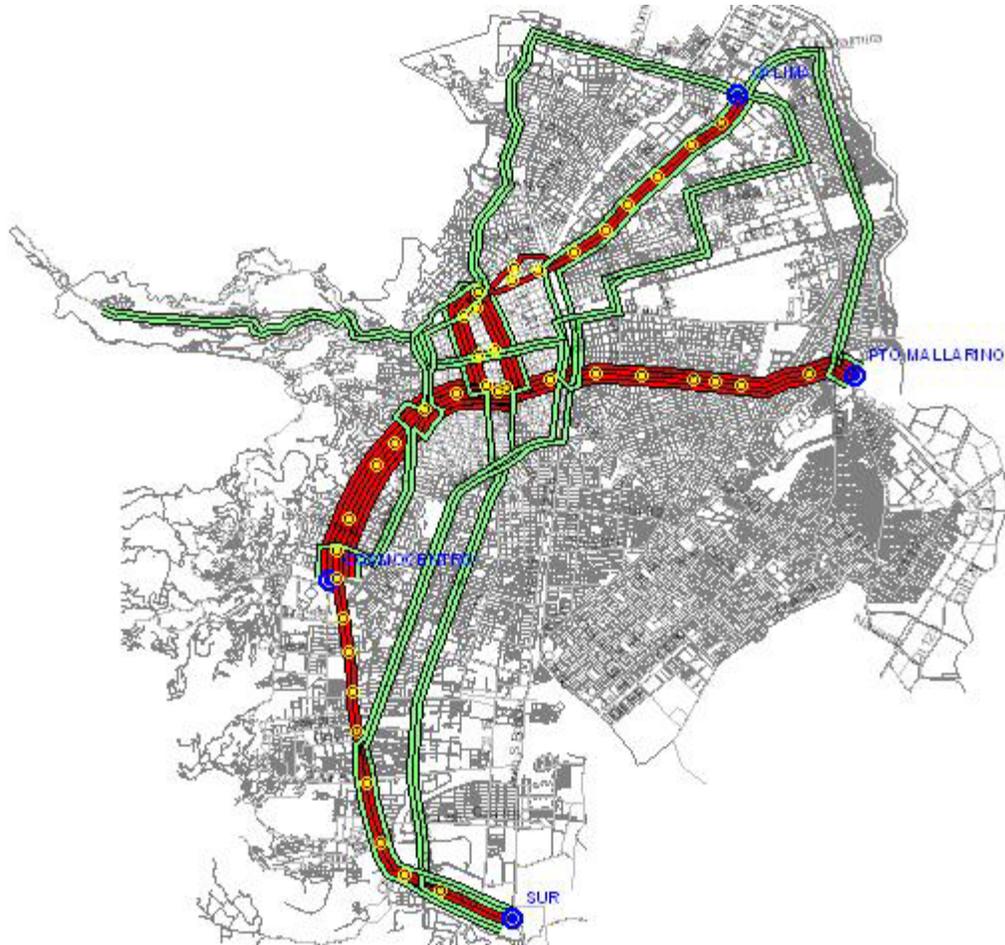
El banco de datos de Emme2 ha sido actualizado considerando las características de los tipos de rutas y en especial para incorporar la integración temporal. Esto significa que los usuarios no pagan nueva tarifa para transferir entre rutas del sistema MIO en la calle, pues se entiende que en puntos o zonas de área paga (dentro de estaciones de parada y estaciones terminales de transferencia), tampoco se paga nueva tarifa para las transferencias.

### 3.1 CONFIGURACIÓN DE RUTAS POR FASE

Las figuras siguientes ilustran sobre la configuración y cobertura de las rutas troncales y auxiliares del sistema MIO en cada una de las fases de implantación.

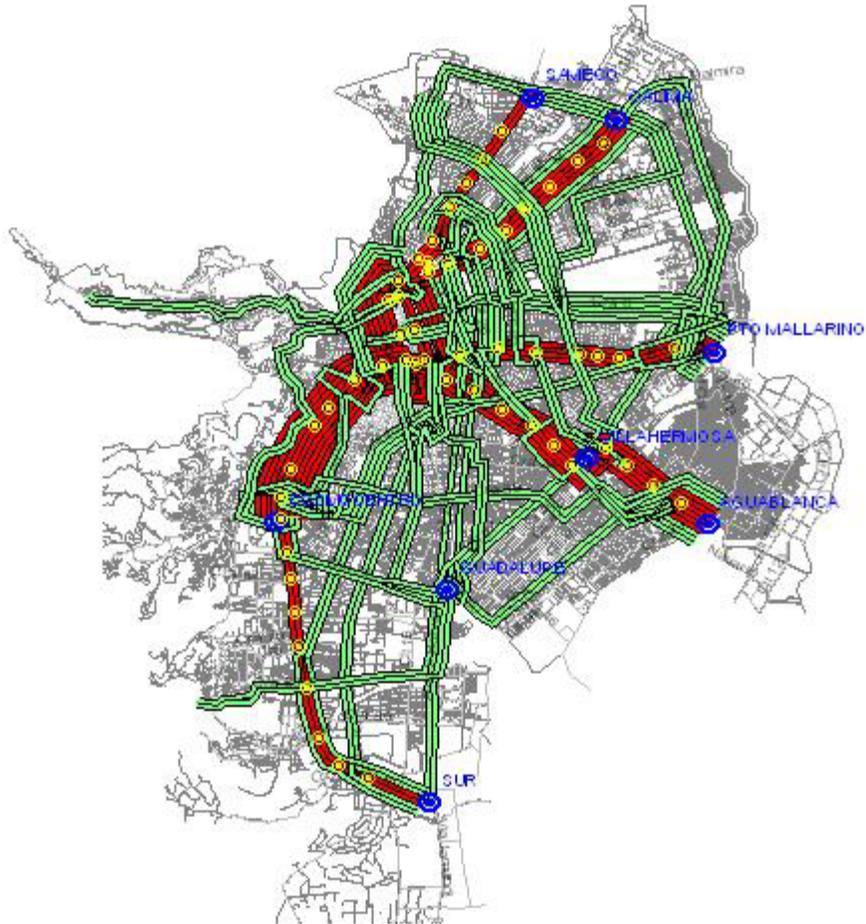
En la Fase 1 se tendrán los corredores troncales de Calle 5, Calle 13, Calle 15, Carrera 1 y Carrera 15 con 4 Estaciones terminales de transferencia. La Figura 4 ilustra sobre la configuración del sistema de rutas que se tendrá para el sistema MIO. En total son cuatro (4) rutas troncales, cinco (5) rutas auxiliares y veintiocho (28) rutas alimentadoras en las cinco cuencas de alimentación (Calima, Puerto Mallarino, Calle 5-Carrera 52, Sur y Benito Juárez).

Figura 4. Configuración de rutas de la Fase 1



En la Fase 2 se construirán los corredores troncales de Aguablanca y Avenida 3N-Avenida de las Américas con 4 nuevas Estaciones terminales de transferencia. La Figura 5 ilustra sobre la configuración del sistema de rutas. Se tendrán 8 rutas troncales, 21 rutas pretroncales o auxiliares y 46 rutas alimentadoras en 8 Estaciones terminales de transferencia, siendo adicionales a la Fase 1 las Estaciones terminales de Aguablanca, Guadalupe, Villahermosa y Sameco.

Figura 5. Configuración de rutas de la Fase 2

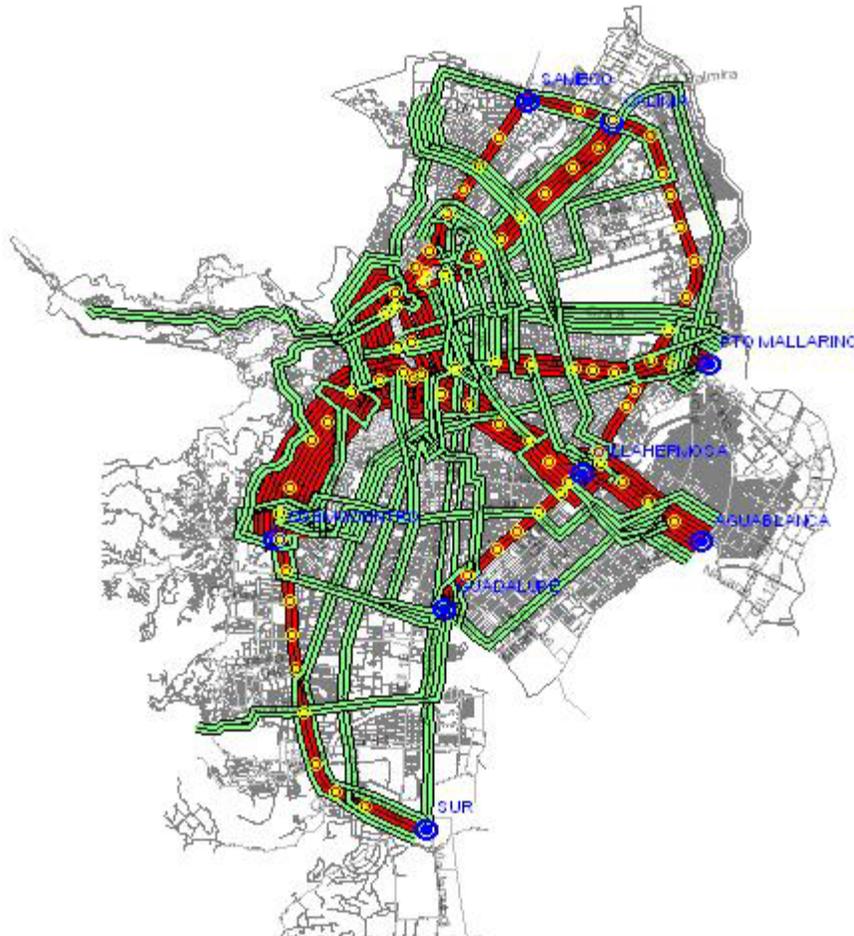


En la Fase 3 se considera la construcción del corredor troncal de la Autopista Simón Bolívar y de la Calle 70. El sistema de rutas que se muestra en la Figura 6 para la Fase 3 comprende 9 rutas troncales, 25 rutas auxiliares y 46 rutas alimentadoras. Dada la cobertura del sistema MIO y considerando la integración temporal, en la Fase 3 no se tendrán rutas remanentes. Es decir, en la Fase 3 el 100% del transporte público colectivo hará parte del sistema MIO. En el Anexo 1 se presentan los mapas de las rutas del sistema MIO en la Fase 3.

Así mismo, se destaca que para la configuración de rutas se ha tomado en cuenta la ubicación final de las Estaciones terminales de transferencia (según los predios disponibles y retro alimentación del diseño operacional finalmente adoptado). Destaca entonces la reubicación de la Estación Terminal Villahermosa hacia la Autopista Simón Bolívar, la reubicación de las Estaciones Terminales de Aguablanca y Puerto Mallarino un poco más a la periferia y reubicaciones menores de las terminales de Guadalupe y Sur. La Estación Terminal intermedia Benito Juárez en la configuración de rutas se ha considerado la integración de dicha cuenca con servicios alimentadores en las estaciones de la Carrera 1 con integración temporal. Del resultado de las evaluaciones se determinó que ninguno de estos ajustes representa impactos negativos o de relevancia para el nuevo Sistema. Estas

modificaciones han sido revisadas en términos de alternativas evaluadas y se presentan en el Anexo 5.

Figura 6. Configuración de rutas de la Fase 3



### 3.2 MODELO DE TRANSPORTE

Tal como se ha mencionado antes, para la modelación de las fases de implantación del sistema MIO se ha utilizado el programa Emme2. Entre los aspectos más importantes de la modelación de los escenarios se destacan los siguientes:

- **Matriz de viajes:** Se asigna la matriz de hora pico de la mañana (mf08) con 106.043 viajes en las 203 zonas de transporte que representan la ciudad de Cali y 6 zonas externas. Esta matriz fue obtenida mediante encuestas directas a los usuarios a bordo de los autobuses en estudio realizado en el año 2002 con un tamaño de muestra estimado en aproximadamente el 10% de la demanda. En dicho estudio se describe que la matriz fue calibrada con estudios de frecuencia de paso y ocupación en 43 puntos y con estudios de ascenso y descenso en

50 rutas. La estimación de viajes que se hizo para el día hábil en ese año fue de 960 mil viajes<sup>1</sup>.

- **Sistema de rutas:** Se han representado para cada fase de implantación el sistema de rutas troncales, rutas auxiliares, rutas alimentadoras y rutas remanentes. Se tienen dentro del modelo emme2 tres redes así: (i) rutas troncales, (ii) rutas auxiliares y (iii) rutas alimentadoras y remanentes.
- **Integración físico-tarifaria:** En el sistema integrado de transporte MIO se tendrá integración tarifaria; física y temporal. En las estaciones terminales de transferencia y estaciones de parada de corredores troncales se tienen áreas pagas, donde los usuarios pueden transferir a cualquier ruta sin pagar otra tarifa (**Integración física**). Para entrar a las estaciones terminales o estaciones de parada desde la calle, los usuarios tendrán que pasar por torniquetes donde pagan la tarifa de ingreso. Adicionalmente en el sistema integrado de transporte se permitirá la transferencia sin pago de nueva tarifa entre rutas del sistema en la calle con un tiempo pre-establecido (**integración temporal**). En el modelo de transporte se han representado este tipo de transferencias en los nodos y arcos de las redes de modelación. Cabe mencionar que en el modelo base<sup>2</sup> sólo estaba representada la integración física. Para considerar la integración temporal fue necesario ajustar la representación de la red y las macros de asignación en el modelo de transporte.

Mediante el proceso de retroalimentación de escenarios, se han configurado los sistemas de rutas para la modelación de las fases según los corredores de demanda y principales puntos de ascenso y descenso de usuarios.

En las rutas troncales se han considerado análisis de distribución de la demanda entre los servicios para mejorar la eficiencia, derivando en rutas corrientes y expresas. En las rutas auxiliares la captación de demanda y cobertura geográfica del sistema apoyaron la selección de la alternativa.

Para cada una de las fases de implantación se preparó la red de modelación, representando la configuración del sistema de rutas troncales, auxiliares, alimentadoras y remanentes. Para mejorar la representación en el modelo de transporte, el grupo técnico de Metro Cali S.A. llevó a cabo reconocimientos en campo para las rutas alimentadoras y auxiliares. Así mismo, planteó el sistema de rutas remanentes de cada fase como un primer aporte al estudio de reestructuración que deberá llevar a cabo la autoridad de transporte. Los criterios tomados en cuenta para definir cada fase y representarla en el modelo de demanda se consideran adecuados para los fines del estudio y corresponden con la definición conceptual del Sistema, que se encuentran incluidas en la representación de la red y las respectivas macros de asignación.

La Figura 7 ilustra la configuración de los servicios en los corredores troncales que se han definido para la Fase 3. En la Tabla 2 se muestran los puntos de parada inicialmente definidos para cada uno de los servicios troncales de la Fase 3, sin embargo durante la operación podrán ser ajustados en función de las mediciones directas que sean realizadas.

---

<sup>1</sup> Estudio de matriz de origen y destino en transporte público colectivo – Wagner Colombini / Noviembre de 2002

<sup>2</sup> Modelo desarrollado en la estructuración técnica, legal y financiera de SCHROEDERS-CORFIVALLE.

Figura 7. Rutas troncales Fase 3

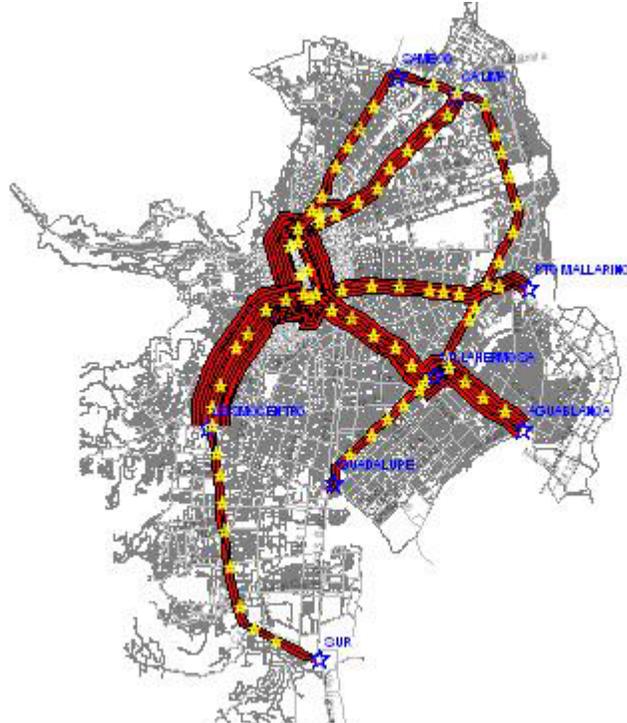


Tabla 2. Rutas y estaciones de parada (Fase 3)

Nro	Ubicación	T1002	T2603	T2701	T4001	T4102	T5301	T5302	T5703	T7301	TOTAL RUTAS
1	Cra 100 - Cll 13	X									1
2	Cra 100 - Cll 11	X									1
3	Cll 5 - Cra 94	X									1
4	Cll 5 - Cra 77	X									1
5	Cll 5 - Cra 70	X									1
6	Cll 5 - Cra 66	X									1
7	Cll 5 - Cra 62	X									1
8	Cll 5 - Cra 56	X				X					2
9	Cll 5 - Cra 52	X		X		X			X		4
10	Cll 5 - Cra 44	X				X			X	X	4
11	Cll 5 - Cra 39	X				X			X	X	4
12	Cll 5 - Cra 36	X		X		X			X	X	5
13	Cll 5 - Cra 27	X				X			X	X	4
14	Cll 5 - Cra 22	X		X		X			X	X	5
15	Cra 15 - Cll 9	X				X			X	X	4
16	Cra 15 - Cll 13	X		X	X	X	X	X	X	X	8
17	Cra 15 - Cll 21				X	X					2
18	Cra 15 - Cll 30				X	X					2
19	Cra 15 - Cll 34				X	X					2
20	Cra 15 - Cll 44				X	X					2
21	Cra 15 - Cll 52				X	X					2

Nro	Ubicación	T1002	T2603	T2701	T4001	T4102	T5301	T5302	T5703	T7301	TOTAL RUTAS
22	Cra 15 - CII 58				X	X					2
23	Diag. 15 - CII 71A				X	X					2
24	CII 70 - Cra 5N		X								1
25	CII 70 - Cra 3BN		X				X			X	3
26	CII 70 - Cra 1A5		X								1
27	CII 70 - Cra 1D		X								1
28	CII 70 - Cra 1J		X								1
29	CII 70 - Cra 5N		X								1
30	CII 70 - Cra 7C		X								1
31	CII 70 - Cra 7L Bis		X								1
32	CII 70 - Cra 9		X								1
33	CII 70 - Cra 12B		X								1
34	CII 70 - Cra 25		X								1
35	CII 70 - Cra 26		X								1
36	CII 70 - Cra 26J		X								1
37	CII 70 - Cra 28D		X				X		X		3
38	CII 70 - Cra 28H		X				X	X	X		4
39	Cra 36 - Cra 32		X								1
40	Cra 36 - Cra 39		X								1
41	Cra 36 - Cra 40		X								1
42	Cra 36 - Cra 42		X								1
43	Cra 36 - Cra 46B		X								1
44	Cra 1 - CII 62						X			X	2
45	Cra 1 - CII 56						X				1
46	Cra 1 - CII 47N						X				1
47	Cra 1 - CII 44						X			X	2
48	Cra 1 - CII 39						X				1
49	Cra 1 - CII 30N						X				1
50	Cra 1 - CII 24						X				1
51	Cra 1 - CII 21N						X				1
52	Cra 4N - CII 23						X				1
53	Ave 3N - CII 52N			X							1
54	Ave 3N - CII 44N			X							1
55	Ave 3N - CII 38A N			X							1
56	Ave 3N - CII 33A N			X							1
57	Ave. Americas – Av. Vásquez Cobo <sup>3</sup>			X							1
58	Ave. Americas - CII 23N			X							1
59	Ave. Americas - CII 21N			X							1
60	Ave. Americas - CII 15			X			X				2
61	Transv. 25 - Calle 18						X		X		2
62	Transv. 25 - Calle 25						X		X		2
63	Transv. 25 - Diag 22						X	X	X		3
64	Transv. 25 - Calle 32						X	X	X		3
65	Transv. 25 - Calle 44						X		X		2
66	Transv. 29 - CII 36		X				X	X	X		4
67	Transv. 28D - CII 71A		X				X		X		3
68	Cra. 28D - CII 72I						X		X		2

<sup>3</sup> La implantación de esta estación esta en proceso de evaluación en el proyecto geométrico, para mejorar la integración del Sistema MIO con la central de transporte.

Nro	Ubicación	T1002	T2603	T2701	T4001	T4102	T5301	T5302	T5703	T7301	TOTAL RUTAS
69	Cra. 28D - CII 72U						X	X	X		3
70	Cra. 28D - Av. Ciudad de Cali						X	X	X		3
71	Calle 13 - Carrera 4	X		X			X	X		X	5
72	Calle 13 - Carrera 10	X		X	X		X	X		X	6
73	Calle 13 - Carrera 15	X		X	X	X	X	X	X	X	8
74	Calle 15 - Carrera 4	X		X	X					X	4
75	Calle 15 - Carrera 10	X		X	X					X	4
76	Calle 15 - Carrera 15	X		X			X			X	4
		22	22	18	12	17	28	10	21	16	

## 4 PARÁMETROS OPERACIONALES

### 4.1 TIPOS DE VEHÍCULOS

Para el sistema integrado de transporte MIO de la ciudad de Cali se han definido las siguientes tipologías de vehículos.

- **Autobuses articulados:** Vehículos de dos cuerpos que cuentan con una capacidad máxima de 160 pasajeros, con cuatro (4) puertas de ascenso y descenso a nivel de plataforma por el lado izquierdo. Se aplican en rutas troncales.
- **Autobuses padrones:** Vehículos de un cuerpo que cuentan con una capacidad entre 80 y 90 pasajeros, con dos (2) puertas de ascenso y descenso a nivel de plataforma por el lado izquierdo y tres (3) puertas por el lado derecho para ascenso y descenso con escaleras sobre los andenes.
- **Autobuses complementarios:** Vehículos de un cuerpo que cuentan con una capacidad entre 48 a 52 pasajeros, con dos (2) puertas por el lado derecho para ascenso y descenso con escaleras sobre los andenes.

Para mayor detalle respecto de las tipologías disponibles y definiciones técnicas de los vehículos ver el Anexo 3.

- **Capacidad de vehículos para dimensionamiento**

Para el dimensionamiento de flota se asume una capacidad menor de los vehículos, con el fin de dar un margen de seguridad a las posibles variaciones de demanda explosiva en períodos pico y ofrecer un mejor nivel de servicio. De este modo, los autobuses articulados se consideran de 140 pasajeros, los autobuses padrón de 80 pasajeros y los autobuses complementarios de 48 pasajeros.

Para efectos del análisis financiero se ha configurado una alternativa que contempla la utilización de aire acondicionado para los buses articulados; para este caso se dimensionó la flota considerando las variables que influyen en el nivel de servicio, tales como distribución de espacios al interior del vehículo, área de pasillos, cantidad de puertas, etc.

- **Número de puertas de los autobuses articulados**

En el diseño conceptual realizado por SCHROEDERS-CORFIVALLE se sugiere un autobús articulado de 3 puertas. Desde el punto de vista de diseño operacional se ha considerado un autobús articulado de 4 puertas por dos razones principalmente: (i) Porque el tiempo de ocupación de las estaciones y tiempo perdido de los usuarios se disminuye, y (ii) porque es interés de las autoridades estandarizar las características de los autobuses, hasta donde sea posible, de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo del País.

En la ciudad de Bogotá, donde ya funciona el sistema Transmilenio con la mayor flota de autobuses articulados del país, estos tienen 4 puertas. En mediciones de Transmilenio para la Estación de la

Calle 76, una de las más críticas y en el período pico de la mañana, se ha encontrado lo siguiente: En cada parada en promedio se atienden 31.80 pasajeros (46% suben, 54% bajan). Asumiendo solo tres (3) puertas se tiene un costo adicional para los pasajeros a bordo de entre 0.65-0.87 segundos en cada maniobra. Tomando en cuenta la ocupación media (79.5 pasajeros) se tiene un costo de entre 52 y 69 segundos perdidos por los pasajeros respecto a un autobús de 4 puertas.

Por lo anterior se recomienda que la mejor alternativa para implementación de las puertas de los autobuses es de cuatro, considerando un esquema similar al del sistema Transmilenio en Bogotá, por las razones antes expuestas, uniformidad de producción, lo que no aumenta los costos de inversión inicial, y mejora de los tiempos de viajes de los usuarios a bordo.

- **Tipo de Combustible**

Para la licitación de operación los vehículos podrán utilizar tecnología de combustible a gas o diesel. A la fecha no existe ningún condicionamiento sobre este tema, aunque el Gobierno Nacional está definiendo políticas para incentivar la utilización de vehículos a Gas.

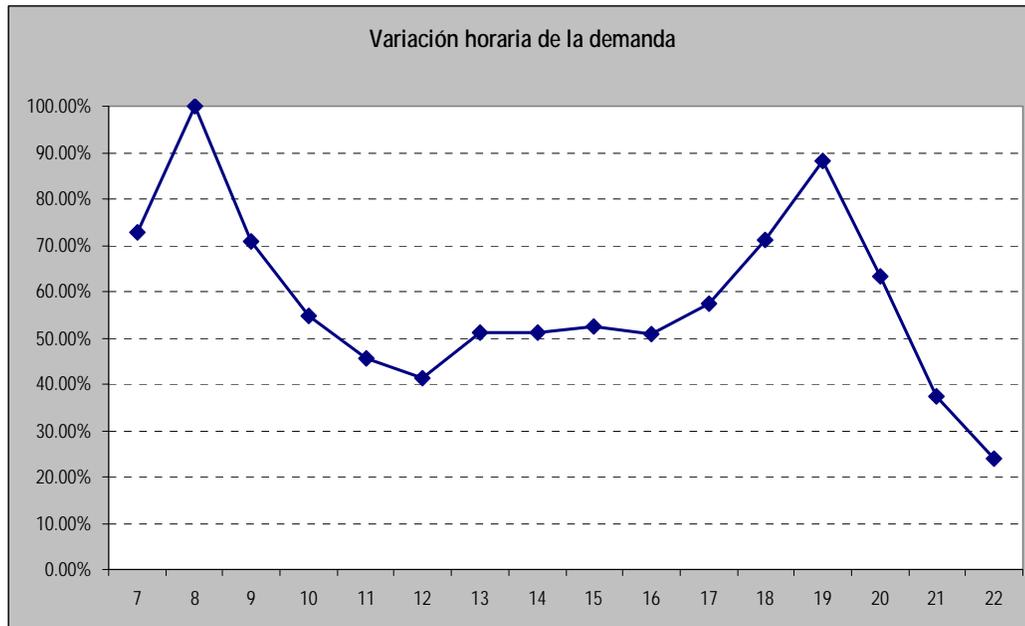
Desde el punto de vista operativo la decisión es indiferente pues en las especificaciones se han combinado características específicas con requerimientos funcionales que debe ser cumplidos por todos los vehículos, independientemente del combustible que utilicen; bajo este esquema son los operadores quienes deben efectuar sus propios análisis y tomar sus decisiones, de manera que puedan cumplir las exigencias formuladas para la tipología vehicular y con los requisitos de operación descritos en el Anexo 3.

Desde el punto de vista técnico se exige que los motores a gas sean dedicados y no adaptaciones.

## **4.2 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO OPERACIONAL**

Para estimar los parámetros de las rutas del sistema integrado de transporte MIO se ha revisado la variación horaria de la demanda en un día hábil, obtenida en el estudio de la Encuesta de Origen y Destino a bordo de las unidades realizada para Metro Cali S.A. La Figura 8 ilustra el perfil de variación horaria de la demanda en la ciudad de Cali.

Figura 8. Variación horaria de la demanda en Cali



Fuente: Estudio O-D a bordo de unidades de Cali

Para estimar los kilómetros recorridos se han tomado las longitudes de rutas revisadas en AutoCad por parte del grupo técnico de Metro Cali S.A. Cabe aclarar que el dimensionamiento de flota y ciclos se ha realizado con los datos del modelo de transporte Emme2 y posteriormente solo para los kilómetros recorridos se ha tomado la longitud corregida. En la etapa de puesta en marcha se deben realizar mediciones y seguimiento a los parámetros operacionales, los cuales puede derivar en ajustes menores de operación.

### 4.3 FLOTA Y RECORRIDO PROMEDIO DIARIO POR RUTA

A continuación se presenta el resultado del dimensionamiento de la flota y estimación de los kilómetros recorridos en cada una de las rutas del sistema para el tipo de vehículo que se le ha asignado.

En los datos presentados no se considera recorridos correspondientes a los desplazamientos en vacío (fuera de los servicios programados) y las maniobras de entrada y salida para iniciar o cerrar servicios desde los patios.

Para efectos de la modelación financiera se han estimado los recorridos en vacío, en función de la localización actual de las estaciones terminales de cabecera e intermedias y la posible ubicación de los Patios y Talleres. Los cuadros de cálculos se presentan en el Anexo 2, de este documento.

Tabla 3. Kilómetros estimados en vacío.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Promedio
Articulado	2,8%	3,6%	3,6%	3,3%
Padron	5,7%	4,3%	4,1%	4,7%
Complementario	6,6%	4,7%	4,7%	5,3%
<b>Promedio</b>	<b>5,0%</b>	<b>4,2%</b>	<b>4,1%</b>	<b>4,4%</b>

#### 4.3.1 Parámetros de la Fase 1

Las tablas siguientes presentan los parámetros operacionales para el sistema de rutas configurado para la Fase 1 del MIO.

**Tabla 4.** Parámetros operacionales de rutas troncales – Fase 1

Ruta	Origen-Destino	Tipo Servicio	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
T1002	SUR - CENTRO	Corriente	25.186	21.90	70	8960	3442	2.5	28	6,635	12.6
T4001	PUERTO MALLARINO - CENTRO	Corriente	14.173	21.00	41	5097	2967	3.0	14	3,086	15.4
T4102	PUERTO MALLARINO - COSMOCENTRO	Corriente	20.333	21.00	58	9998	4448	2.0	30	6,769	13.8
T7301	CALIMA - COSMOCENTRO	Expresa	22.617	22.30	61	10924	4375	2.0	31	7,530	13.5
<b>TOTAL RUTAS TRONCALES</b>						<b>34,979</b>	<b>15,232</b>		<b>103</b>	<b>24,020</b>	<b>13.6</b>

**Tabla 5.** Parámetros operacionales de rutas auxiliares – Fase 1

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
X1003	SUR - CENTRO	Padrón	21.918	18.30	72	6008	2429	2.0	36	7,297	7.7
X1304	SUR - CALIMA - ATP SUR - K1	Padrón	35.040	19.33	109	5618	1590	3.0	37	7,630	6.9
X3003	CALIMA - TERRON	Padrón	37.215	16.90	133	7951	2087	2.5	54	9,803	7.6
X3701	CALIMA - COSMOCENTRO	Padrón	30.454	17.34	106	7379	2721	2.0	53	10,139	6.8
X4301	PUERTO MALLARINO - CALIMA	Padrón	16.533	17.04	59	4521	1672	3.0	20	3,600	11.7
<b>TOTAL RUTAS AUXILIARES</b>						<b>31,477</b>	<b>10,499</b>		<b>200</b>	<b>38,469</b>	<b>7.6</b>

**Tabla 6.** Parámetros operacionales de rutas alimentadoras – Fase 1

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
A-101	PANCE	Complementario	13.258	15.90	50	304	250	11.5	5	1,001	2.8
A-102	CALLE18/CRA.168	Complementario	15.338	15.30	61	556	393	7.0	9	1,496	3.5
A-103	COLEGIO BOLIVAR	Complementario	10.620	16.80	38	562	395	7.0	6	1,036	5.1
A-104	CASCAJAL	Complementario	13.415	16.30	50	824	505	6.0	9	1,483	5.2
A-105	HORMIGUERO	Complementario	7.300	14.00	32	229	187	15.0	3	547	3.9
A-106	MELENDEZ	Complementario	8.123	13.10	38	446	369	8.0	5	721	5.8
A-301	CIUDADELA FLORALIA	Padrón	8.100	15.20	32	555	504	5.0	7	1,056	4.9
A-304	ALCAZARES	Padrón	6.965	12.50	34	1105	1105	4.0	9	1,129	9.1
A-402	DECEPAZ - CALLE 123	Padrón	12.453	16.40	46	1521	1278	4.0	12	2,019	7.0

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
A-404	TRANSVERSAL 103	Complementario	9.068	16.60	33	659	513	5.0	7	1,183	5.2
A-406	TRANSV. 103 - CALLE 28 - CALLE 27	Complementario	9.855	14.20	42	677	513	5.5	8	1,177	5.4
A-405	BARRIO PUERTO MALLARINO	Complementario	2.588	14.00	11	152	111	12.0	1	194	7.3
A-407	AV. CIUDAD DE CALI - CRA 27	Padrón	5.744	16.30	22	2080	1536	3.0	8	1,251	15.5
A-413	TRANSV. 103 - CALLE 121	Complementario	12.332	15.30	49	327	195	12.0	5	924	3.3
A-423	CALLE 121 - TRANSV. 103	Complementario	12.296	12.20	61	795	513	6.0	11	1,359	5.5
A-701	MARIO CORREA	Complementario	8.281	12.50	40	786	621	5.0	9	1,080	6.8
A-702	EL CORTIJO	Complementario	3.140	10.40	19	602	516	5.0	4	409	13.7
A-703	NAPOLES	Complementario	9.404	15.50	37	925	720	4.0	10	1,525	5.7
A-704	EL REFUGIO	Complementario	5.656	14.10	25	516	516	5.0	5	738	6.5
A-705	JARDINES DEL RECUERDO	Complementario	7.018	14.00	31	691	589	5.0	7	915	7.0
A-706	LLERAS CAMARGO	Complementario	5.413	14.20	23	649	553	5.0	5	706	8.6
A-715	LA SIRENA	Complementario	8.542	13.60	38	691	589	5.0	8	1,114	5.8
A-902	CHIMINANGOS	Complementario	2.987	12.10	15	649	649	4.0	4	484	12.5
A-903	LOS ALAMOS	Complementario	5.441	9.00	37	48	26	15.0	3	408	1.1
A-904	LA RIVERA	Complementario	7.413	15.60	29	281	185	15.0	2	555	4.7
A-905	LOS ALMENDROS	Complementario	4.818	15.10	19	65	62	15.0	2	361	1.7
A-906	EL POPULAR	Complementario	2.144	8.80	15	217	170	10.0	2	169	12.0
A-907	EL PORVENIR	Complementario	2.169	12.30	11	11	9	15.0	1	163	0.6
<b>TOTAL RUTAS ALIMENTADORAS</b>						<b>16,923</b>	<b>13,571</b>		<b>167</b>	<b>25,202</b>	<b>6.3</b>

La flota operacional y kilómetros recorridos para un día hábil resultados del diseño operacional para la estructura de rutas de la Fase 1 se presentan a continuación.

**Tabla 7.** Resumen de flota operacional para la Fase 1

Tipo	Descripción	Articulado	Padrón	Complementario	TOTAL
T	Troncales	103			103
X	Auxiliares		200		200
A	Alimentadoras		36	131	167
	Total	103	236	131	470

**Tabla 8.** Resumen de recorrido promedio diario (RPD) en día hábil para la Fase 1

Tipo	Descripción	Articulado	Padrón	Complementario	TOTAL
T	Troncales	24,020			24,020
X	Auxiliares		38,469		38,469
A	Alimentadoras		5,456	19,746	25,202
	Total	24,020	43,925	19,746	87,691

La demanda captada en la Fase 1 corresponde al 46% del total de la demanda paga.

Con esta configuración se tiene una cobertura espacial amplia, considerando una zonas de influencia de 600 mt para servicios Troncales y Auxiliares y 500 mt para servicios alimentadores, como se muestra en la Figura 9.

Igualmente se revisó la cobertura de la lozación de los puntos de acceso, conforme a los actuales diseños que tiene Metro Cali S.A., considerando para los corredores pretroncales la localización de los puntos de parada deben tener una distancia en las intersecciones con corredores Troncales y con Pretroncales, es decir, con los corredores por donde transitan servicios auxiliares y troncales debe tener unas distancias máximas permitidas para facilitar la integración temporal, para este caso se ha establecido como máxima distancia 80 mt de la intersección al punto de parada, (ver Figura 10)



**Tabla 9.** Parámetros operacionales de las rutas troncales de la Fase 2

Ruta	Origen-Destino	Tipo Servicio	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
T1002	SUR - CENTRO	Corriente	25.2	22.39	68	11921	4630	2.0	34	8,385	13.3
T2701	SAMECO - COSMOCENTRO	Expresa	21.2	22.04	58	11130	4514	2.0	30	7,048	14.7
T4001	PUERTO MALLARINO - CENTRO	Corriente	14.2	20.74	41	4679	1817	4.5	10	2,045	21.3
T4102	PUERTO MALLARINO - COSMOCENTRO	Corriente	20.3	21.79	56	6300	2381	3.5	17	3,776	15.6
T5301	AGUABLANCA - CALIMA	Corriente	27.0	20.79	79	12563	3727	2.5	32	7,122	16.4
T5302	AGUABLANCA - CENTRO	Expresa	16.4	21.82	45	4214	2407	3.5	13	3,039	12.9
T5703	AGUABLANCA - COSMOCENTRO	Corriente	22.0	20.89	64	4300	1986	4.0	16	3,566	11.2
T7301	CALIMA - COSMOCENTRO	Expresa	22.6	22.65	60	6727	2764	3.0	20	4,925	12.7
<b>TOTAL RUTAS TRONCALES</b>						<b>61,834</b>	<b>24,226</b>		<b>172</b>	<b>39,905</b>	<b>14.4</b>

**Tabla 10.** Parámetros operacionales de las rutas auxiliares de la Fase 2

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
X1003	SUR - CENTRO	Padrón	21.92	18.30	72	4740	1592	3.0	24	4,773	9.3
X1301	SUR - CALIMA - PAR VIAL - K1	Padrón	30.72	18.01	103	6809	2002	2.5	42	8,093	7.8
X1304	SUR - CALIMA - ATP SUR - K1	Padrón	35.04	19.13	110	3491	850	6.0	19	3,874	8.4
X2603	SAMECO - GUADALUPE	Padrón	25.35	19.50	79	11873	3021	2.0	40	8,441	13.1
X3003	CALIMA - TERRON	Padrón	37.22	16.90	133	9452	2285	2.0	67	12,391	7.1
X3601	GUADALUPE - AGUABLANCA	Padrón	12.44	16.34	46	4317	2323	2.0	24	4,140	9.7
X3701	CALIMA - COSMOCENTRO	Padrón	30.45	17.53	104	4710	1652	3.0	35	6,632	6.6
X4001	PUERTO MALLARINO - CENTRO	Padrón	15.85	16.10	59	957	349	7.0	9	1,545	5.8
X4002	PUERTO MALLARINO - CHIPICHAPE	Padrón	18.87	16.58	68	2566	1191	4.0	18	3,061	7.8
X4004	PUERTO MALLARINO - FFCC	Padrón	15.79	17.26	55	1963	803	6.0	10	1,745	10.5
X4301	PUERTO MALLARINO - CALIMA	Padrón	16.53	17.43	57	5091	2021	2.5	23	4,355	10.9
X4703	PUERTO MALLARINO - COSMOCENTRO	Padrón	20.03	16.61	73	957	414	7.0	11	1,953	4.6
X5701	AGUA BLANCA - COSMOCENTRO	Padrón	19.55	17.33	68	4833	2539	2.0	34	6,508	6.9
X6001	GUADALUPE - CENTRO I	Padrón	12.76	17.66	44	4490	1972	2.0	22	4,248	9.9
X6002	GUADALUPE - CENTRO II	Padrón	15.08	18.20	50	2215	890	6.0	9	1,667	12.4

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
X6003	GUADALUPE - MELENDEZ	Padrón	14.86	17.59	51	2458	921	5.0	11	1,938	11.8
X6703	GUADALUPE - COSMOCENTRO	Padrón	9.22	17.38	32	1562	851	6.0	6	1,019	14.3
X7001	COSMOCENTRO - CENTRO	Padrón	18.43	17.01	65	1770	653	7.0	10	1,797	9.2
X8001	AGUABLANCA - FFCC	Padrón	18.90	17.03	67	4398	1854	3.0	23	4,116	10.0
X8002	VILLAHERMOSA - CHIPICHAPE	Padrón	17.54	17.46	61	2723	1377	3.0	21	3,819	6.6
X8003	VILLAHERMOSA - FFCC	Padrón	14.34	16.64	52	1208	409	7.0	8	1,399	8.1
<b>TOTAL RUTAS AUXILIARES</b>						<b>82,583</b>	<b>29,967</b>		<b>466</b>	<b>87,513</b>	<b>8.8</b>

Tabla 11. Parámetros operacionales de las rutas alimentadoras de la Fase 2

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
A-101	PANCE	Complementario	13.26	16.20	49	560	474	6.0	9	1,466	3.6
A-102	CALLE18/CRA.168	Complementario	15.34	16.90	55	1084	819	3.0	19	3,340	3.0
A-103	COLEGIO BOLIVAR	Complementario	10.62	16.80	38	1132	814	3.0	13	2,313	4.6
A-104	CASCAJAL	Complementario	13.42	16.80	48	1299	859	3.0	16	2,921	4.1
A-105	HORMIGUERO	Complementario	7.30	17.20	26	414	361	7.0	4	712	5.4
A-106	MELENDEZ	Complementario	8.12	12.20	40	197	150	15.0	3	609	3.0
A-107	CANEY SUR	Complementario	7.98	19.70	25	57	31	13.0	2	593	0.9
A-201	CHIPICHAPE	Complementario	8.74	13.50	39	19	19	15.0	3	655	0.3
A-202	BARRIO SAMECO	Complementario	3.51	8.20	26	0	0	10.0	3	277	0.0
A-203	CIUDADELA FLORALIA	Complementario	8.43	14.50	35	707	487	8.0	5	748	8.8
A-204	GLORIETA YUMBO (MENGA)	Complementario	4.44	16.70	16	2	2	10.0	2	350	0.1
A-301	CIUDADELA FLORALIA	Padrón	8.10	15.20	32	736	631	8.0	5	719	9.5
A-304	ALCAZARES	Padrón	6.97	16.70	25	1324	1324	3.0	9	1,517	8.1
A-401	PLANTA DE TRATAMIENTO	Complementario	6.64	11.40	35	71	71	12.0	3	497	1.3
A-402	DECEPAZ - CALLE 123	Padrón	12.45	16.90	44	1431	912	5.0	9	1,624	8.2
A-403	NAVARRO	Padrón	15.61	17.10	55	974	540	7.0	8	1,522	6.0
A-404	TRANSVERSAL 103	Padrón	9.76	13.70	43	2160	1085	4.0	11	1,583	12.7
A-405	BARRIO PUERTO MALLARINO	Complementario	2.59	14.00	11	132	71	12.0	1	194	6.3
A-406	TRANSV. 103 - CALLE 28 - CALLE 27	Complementario	9.86	15.80	38	899	638	4.0	10	1,598	5.2
A-450	AGUABLANCA - PUERTO MALLARINO	Padrón	8.36	15.10	34	4615	2265	2.0	17	2,783	15.5

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehiculo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
A-501	PUERTAS DEL SOL	Padrón	6.93	16.30	26	2638	2199	2.0	13	2,308	10.7
A-502	MANUELA BELTRÁN	Complementario	8.61	18.10	29	141	60	15.0	2	645	2.0
A-503	NAVARRO	Complementario	5.28	13.00	25	13	13	13.0	2	392	0.3
A-504	MARROQUÍN	Padrón	6.57	15.90	25	1296	1067	4.0	7	1,065	11.3
A-505	LOS COMUNEROS	Complementario	3.85	11.60	20	491	369	7.0	3	375	12.2
A-506	CIUDAD CÓRDOBA	Complementario	8.97	16.10	34	3	3	12.0	3	672	0.0
A-601	ANTONIO NARIÑO	Complementario	10.19	15.50	40	66	33	14.0	3	757	0.8
A-602	EL CANEY	Padrón	10.35	14.70	43	123	70	15.0	3	776	1.5
A-603	CIUDAD CORDOBA	Complementario	8.78	14.40	37	66	46	15.0	3	658	0.9
A-604	UNICENTRO (Carrera 86)	Complementario	14.51	17.20	51	122	61	15.0	4	1,087	1.0
A-701	MARIO CORREA	Complementario	8.28	15.00	34	1068	857	4.0	9	1,343	7.4
A-702	EL CORTIJO	Complementario	3.14	15.60	13	640	539	5.0	3	409	14.6
A-703	NAPOLES	Complementario	9.40	17.00	34	1258	1002	3.0	12	2,048	5.7
A-704	EL REFUGIO	Complementario	5.65	14.10	25	539	539	5.0	5	737	6.8
A-705	JARDINES DEL RECUERDO	Complementario	7.02	14.00	31	729	612	5.0	7	915	7.4
A-706	LLERAS CAMARGO	Complementario	5.41	14.20	23	709	596	5.0	5	706	9.4
A-715	LA SIRENA	Complementario	8.54	13.60	38	729	612	4.0	10	1,385	4.9
A-801	ULPIANO LLOREDA	Complementario	6.08	18.80	20	0	0	10.0	2	479	0.0
A-802	ANTONIO NARIÑO	Complementario	7.68	13.40	35	180	161	12.0	3	575	2.9
A-803	COMUNEROS I	Complementario	6.91	16.70	25	894	807	4.0	7	1,120	7.4
A-902	CHIMINANGOS	Complementario	2.99	18.20	10	1051	1051	2.0	6	994	9.9
A-903	LOS ALAMOS	Complementario	5.44	9.00	37	2	2	15.0	3	408	0.0
A-904	LA RIVERA	Complementario	7.41	15.60	29	314	175	15.0	2	555	5.3
A-905	LOS ALMENDROS	Complementario	4.82	12.60	23	409	311	9.0	3	399	9.6
A-906	EL POPULAR	Complementario	2.14	13.10	10	0	0	10.0	2	169	0.0
A-907	EL PORVENIR	Complementario	2.17	12.30	11	12	9	15.0	1	163	0.7
<b>TOTAL RUTAS ALIMENTADORAS</b>						<b>31,306</b>	<b>22,746</b>		<b>275</b>	<b>47,160</b>	<b>6.2</b>

La flota operacional total para la Fase 2 en la alternativa se presenta en la tabla siguiente.

**Tabla 12.** Resumen de la flota operacional para la Fase 2

Tipo	Descripción	Articulado	Padrón	Complementario	TOTAL
T	Troncales	172			172
X	Auxiliares		466		466
A	Alimentadoras		82	193	275
	Total	172	548	193	913

**Tabla 13.** Resumen de recorrido promedio diario en día hábil para la Fase 2

Tipo	Descripción	Articulado	Padrón	Complementario	TOTAL
T	Troncales	39,905			39,905
X	Auxiliares		87,512		87,512
A	Alimentadoras		13,897	33,258	47,155
	Total	39,905	101,409	33,258	174,572

La demanda captada en la Fase 2 corresponde al 94% de la demanda paga total.

Con esta configuración se tiene una cobertura espacial amplia, considerando una zonas de influencia de 600 mt para servicios Troncales y Auxiliares y 500 mt para servicios alimentadores, como se muestra en la Figura 11

Igualmente se revisó la cobertura de la lozación de los puntos de acceso, conforme a los actuales diseños que tiene Metro Cali S.A., considerando para los corredores pretroncales la localización de los puntos de parada deben tener una distancia en las intersecciones con corredores Troncales y con Pretroncales, es decir, con los corredores por donde transitan servicios auxiliares y troncales debe tener unas distancias máximas permitidas para facilitar la integración temporal, para este caso se ha establecido como máxima distancia 80 mt de la intersección al punto de parada, (ver Figura 12)

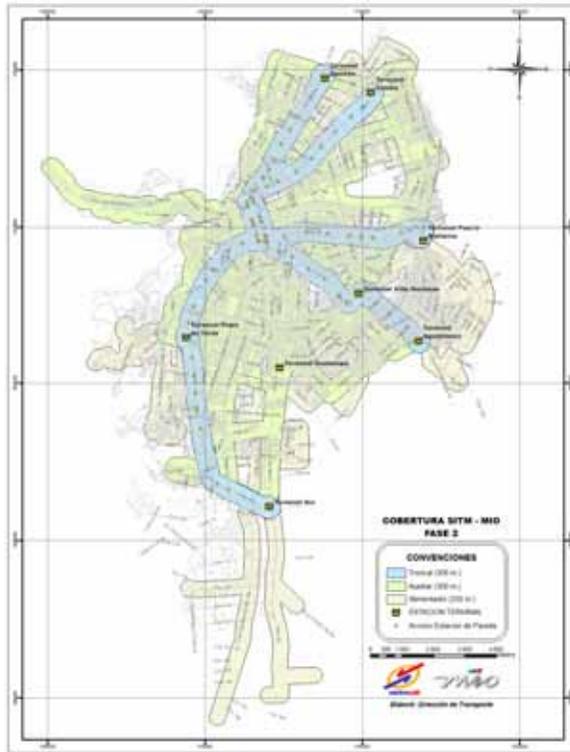


Figura 11. Zonas Cobertura del Sistema por servicios para la Fase 2

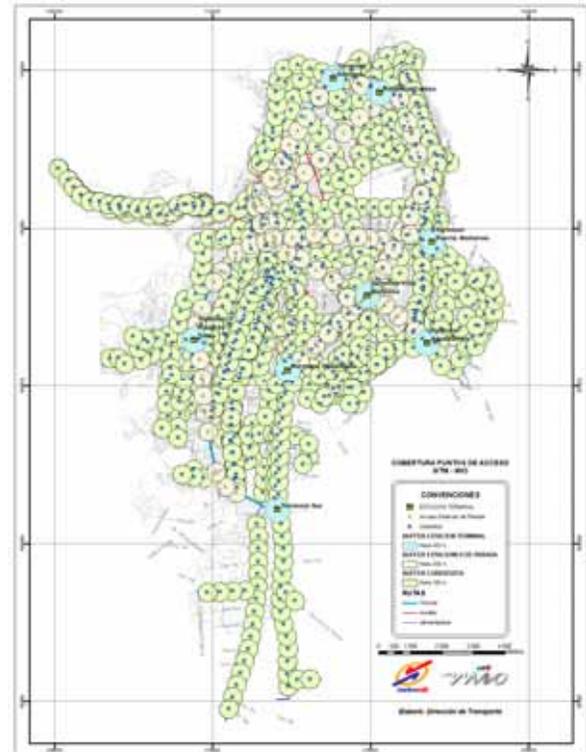


Figura 12. Zonas Cobertura del Sistema por puntos de acceso al Sistema para la Fase 2

### 4.3.3 Parámetros de la Fase 3

En la Fase 3 se considera la integración total del sistema de transporte público de la ciudad.

**Tabla 14.** Parámetros operacionales de las rutas troncales de la Fase 3

Ruta	Origen-Destino	Tipo Servicio	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
T1002	SUR - CENTRO	Corriente	25.2	22.39	68	11921	4630	2.0	34	8,385	13.3
T2603	SAMECO - GUADALUPE	Corriente	25.4	21.53	71	11873	3021	3.0	24	5,521	20.0
T2701	SAMECO - COSMOCENTRO	Expresa	21.2	22.04	58	11130	4514	2.0	30	7,048	14.7
T4001	PUERTO MALLARINO - CENTRO	Corriente	14.2	20.74	41	4679	1817	4.5	10	2,045	21.3
T4102	PUERTO MALLARINO - COSMOCENTRO	Corriente	20.3	21.79	56	6300	2381	3.5	17	3,776	15.6
T5301	AGUABLANCA - CALIMA	Corriente	27.0	20.79	79	12563	3727	2.5	32	7,122	16.4
T5302	AGUABLANCA - CENTRO	Expresa	16.4	21.82	45	4214	2407	3.5	13	3,039	12.9
T5703	AGUABLANCA - COSMOCENTRO	Corriente	22.0	20.89	64	4300	1986	4.0	16	3,566	11.2
T7301	CALIMA - COSMOCENTRO	Expresa	22.6	22.65	60	6727	2764	3.0	20	4,925	12.7
<b>TOTAL RUTAS TRONCALES</b>						<b>73,707</b>	<b>27,246</b>		<b>196</b>	<b>45,426</b>	<b>15.1</b>

**Tabla 15.** Parámetros operacionales de las rutas pre-troncales de la Fase 3

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehiculo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
X1003	SUR - CENTRO	Padrón	21.92	18.30	72	4740	1592	3.0	24	4,773	9.3
X1301	SUR - CALIMA - PAR VIAL - K1	Padrón	30.72	18.01	103	6809	2002	2.5	42	8,093	7.8
X1304	SUR - CALIMA - ATP SUR - K1	Padrón	35.04	19.13	110	3491	850	6.0	19	3,874	8.4
X3003	CALIMA - TERRON	Padrón	37.22	16.90	133	9452	2285	2.0	67	12,391	7.1
X3601	GUADALUPE - AGUABLANCA	Padrón	12.44	16.34	46	4317	2323	2.0	24	4,140	9.7
X3701	CALIMA - COSMOCENTRO	Padrón	30.45	17.53	104	4710	1652	3.0	35	6,632	6.6
X4001	PUERTO MALLARINO - CENTRO	Padrón	15.85	16.10	59	957	349	7.0	9	1,545	5.8
X4002	PUERTO MALLARINO - CHIPICHAPE	Padrón	18.87	16.58	68	2566	1191	4.0	18	3,061	7.8
X4004	PUERTO MALLARINO - FFCC	Padrón	15.79	17.26	55	1963	803	6.0	10	1,745	10.5
X4301	PUERTO MALLARINO - CALIMA	Padrón	16.53	17.43	57	5091	2021	2.5	23	4,355	10.9
X4703	PUERTO MALLARINO - COSMOCENTRO	Padrón	20.03	16.61	73	957	414	7.0	11	1,953	4.6
X5701	AGUA BLANCA - COSMOCENTRO	Padrón	19.55	17.33	68	4833	2539	2.0	34	6,508	6.9
X6001	GUADALUPE - CENTRO I	Padrón	12.76	17.66	44	4490	1972	2.0	22	4,248	9.9
X6002	GUADALUPE - CENTRO II	Padrón	15.08	18.20	50	2215	890	6.0	9	1,667	12.4
X6003	GUADALUPE - MELENDEZ	Padrón	14.86	17.59	51	2458	921	5.0	11	1,938	11.8

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
X6703	GUADALUPE - COSMOCENTRO	Padrón	9.22	17.38	32	1562	851	6.0	6	1,019	14.3
X7001	COSMOCENTRO - CENTRO	Padrón	18.43	17.01	65	1770	653	7.0	10	1,797	9.2
X8001	AGUABLANCA - FFCC	Padrón	18.90	17.03	67	4398	1854	2.0	34	6,294	6.5
X8002	VILLAHERMOSA - CHIPICHAPE	Padrón	17.54	17.46	61	2723	1377	3.0	21	3,819	6.6
X8003	VILLAHERMOSA - FFCC	Padrón	14.34	16.64	52	1208	409	7.0	8	1,399	8.1
XR002	ALFONSO LOPEZ I - CENTRO	Padrón	19,43	16,00	55	687	525	8,0	7	1.724	4,9
XR003	PUERTO MALLARINO - FFCC K8	Padrón	21,77	16,00	62	571	294	12,0	6	1.630	4,3
XR005	LA BASE - CENTRO	Padrón	17,35	16,00	49	108	43	12,0	5	1.299	1,0
XR007	BELLA VISTA - CENTRO	Padrón	16,33	16,00	46	133	67	12,0	4	1.223	1,3
XR008	LA BUITRERA - CENTRO	Padrón	28,32	16,00	80	229	87	12,0	7	2.121	1,3
<b>TOTAL RUTAS AUXILIARES</b>						<b>72.438</b>	<b>27.963</b>		<b>466</b>	<b>89.247</b>	<b>7,3</b>

Tabla 16. Parámetros operacionales de las rutas alimentadoras de la Fase 3

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
A-101	PANCE	Complementario	13.26	16.20	49	560	474	6.0	9	1,466	3.6
A-102	CALLE18/CRA.168	Complementario	15.34	16.90	55	1084	819	3.0	19	3,340	3.0
A-103	COLEGIO BOLIVAR	Complementario	10.62	16.80	38	1132	814	3.0	13	2,313	4.6
A-104	CASCAJAL	Complementario	13.42	16.80	48	1299	859	3.0	16	2,921	4.1
A-105	HORMIGUERO	Complementario	7.30	17.20	26	414	361	7.0	4	712	5.4
A-106	MELENDEZ	Complementario	8.05	12.20	40	197	150	15.0	3	603	3.0
A-107	CANEY SUR	Complementario	7.98	19.70	25	57	31	13.0	2	593	0.9
A-201	CHIPICHAPE	Complementario	8.74	13.50	39	19	19	15.0	3	655	0.3
A-202	BARRIO SAMECO	Complementario	3.51	8.20	26	0	0	10.0	3	277	0.0
A-203	CIUDADELA FLORALIA	Complementario	8.43	14.50	35	707	487	8.0	5	748	8.8
A-204	GLORIETA YUMBO (MENGA)	Complementario	4.44	16.70	16	2	2	10.0	2	350	0.1
A-301	CIUDADELA FLORALIA	Padrón	8.10	15.20	32	736	631	8.0	5	719	9.5
A-304	ALCAZARES	Padrón	6.97	16.70	25	1324	1324	3.0	9	1,517	8.1
A-401	PLANTA DE TRATAMIENTO	Complementario	6.64	11.40	35	71	71	12.0	3	497	1.3
A-402	DECEPAZ - CALLE 123	Padrón	12.45	16.90	44	1431	912	5.0	9	1,624	8.2
A-403	NAVARRO	Padrón	15.61	17.10	55	974	540	7.0	8	1,522	6.0

Ruta	Origen-Destino	Tipo Vehículo	Long (km)	Velocidad (Km/h)	Ciclo (min)	Dem (pas/hr)	CargMax (pas/hr)	Interv (min)	Flota	RPD	IPK
A-404	TRANSVERSAL 103	Padrón	9.76	13.70	43	2160	1085	4.0	11	1,583	12.7
A-405	BARRIO PUERTO MALLARINO	Complementario	2.59	14.00	11	132	71	12.0	1	194	6.3
A-406	TRANSV. I03 - CALLE 28 - CALLE 27	Complementario	9.86	15.80	38	899	638	4.0	10	1,598	5.2
A-450	AGUABLANCA - PUERTO MALLARINO	Padrón	8.36	15.10	34	4615	2265	2.0	17	2,783	15.5
A-501	PUERTAS DEL SOL	Padrón	6.93	16.30	26	2638	2199	2.0	13	2,308	10.7
A-502	MANUELA BELTRÁN	Complementario	8.61	18.10	29	141	60	15.0	2	645	2.0
A-503	NAVARRO	Complementario	5.28	13.00	25	13	13	13.0	2	392	0.3
A-504	MARROQUÍN	Padrón	6.57	15.90	25	1296	1067	4.0	7	1,065	11.3
A-505	LOS COMUNEROS	Complementario	3.85	11.60	20	491	369	7.0	3	375	12.2
A-506	CIUDAD CÓRDOBA	Complementario	8.97	16.10	34	3	3	12.0	3	672	0.0
A-601	ANTONIO NARIÑO	Complementario	10.19	15.50	40	66	33	14.0	3	757	0.8
A-602	EL CANEY	Padrón	10.35	14.70	43	123	70	15.0	3	776	1.5
A-603	CIUDAD CORDOBA	Complementario	8.78	14.40	37	66	46	15.0	3	658	0.9
A-604	UNICENTRO (Carrera 86)	Complementario	14.51	17.20	51	122	61	15.0	4	1,087	1.0
A-701	MARIO CORREA	Complementario	8.28	15.00	34	1068	857	4.0	9	1,343	7.4
A-702	EL CORTIJO	Complementario	3.14	15.60	13	640	539	5.0	3	409	14.6
A-703	NAPOLES	Complementario	9.40	17.00	34	1258	1002	3.0	12	2,048	5.7
A-704	EL REFUGIO	Complementario	5.65	14.10	25	539	539	5.0	5	737	6.8
A-705	JARDINES DEL RECUERDO	Complementario	7.02	14.00	31	729	612	5.0	7	915	7.4
A-706	LLERAS CAMARGO	Complementario	5.41	14.20	23	709	596	5.0	5	706	9.4
A-715	LA SIRENA	Complementario	8.54	13.60	38	729	612	4.0	10	1,385	4.9
A-801	ULPIANO LLOREDA	Complementario	6.08	18.80	20	0	0	10.0	2	479	0.0
A-802	ANTONIO NARIÑO	Complementario	7.68	13.40	35	180	161	12.0	3	575	2.9
A-803	COMUNEROS I	Complementario	6.91	16.70	25	894	807	4.0	7	1,120	7.4
A-902	CHIMINANGOS	Complementario	2.99	18.20	10	1051	1051	2.0	6	994	9.9
A-903	LOS ALAMOS	Complementario	5.44	9.00	37	2	2	15.0	3	408	0.0
A-904	LA RIVERA	Complementario	7.41	15.60	29	314	175	15.0	2	555	5.3
A-905	LOS ALMENDROS	Complementario	4.82	12.60	23	409	311	9.0	3	399	9.6
A-906	EL POPULAR	Complementario	2.14	13.10	10	0	0	10.0	2	169	0.0
A-907	EL PORVENIR	Complementario	2.17	12.30	11	12	9	15.0	1	163	0.7
<b>TOTAL RUTAS ALIMENTADORAS</b>						<b>31,306</b>	<b>22,746</b>		<b>275</b>	<b>47,155</b>	<b>6.2</b>

La flota operacional total y los kilómetros por día recorridos para la Fase 3 se presentan en las tablas siguientes.

**Tabla 17.** Resumen de la flota operacional para la Fase 3

Tipo	Descripción	Articulado	Padrón	Complementario	TOTAL
T	Troncales	196			196
X	Auxiliares		466		466
A	Alimentadoras		82	193	275
	Total	196	548	193	937

**Tabla 18.** Resumen de recorrido promedio diario en día hábil para la Fase 3

Tipo	Descripción	Articulado	Padrón	Complementario	TOTAL
T	Troncales	45,426			45,426
X	Auxiliares		89,247		89,247
A	Alimentadoras		13,897	33,258	47,155
	Total	45,426	103,144	33,258	181,828

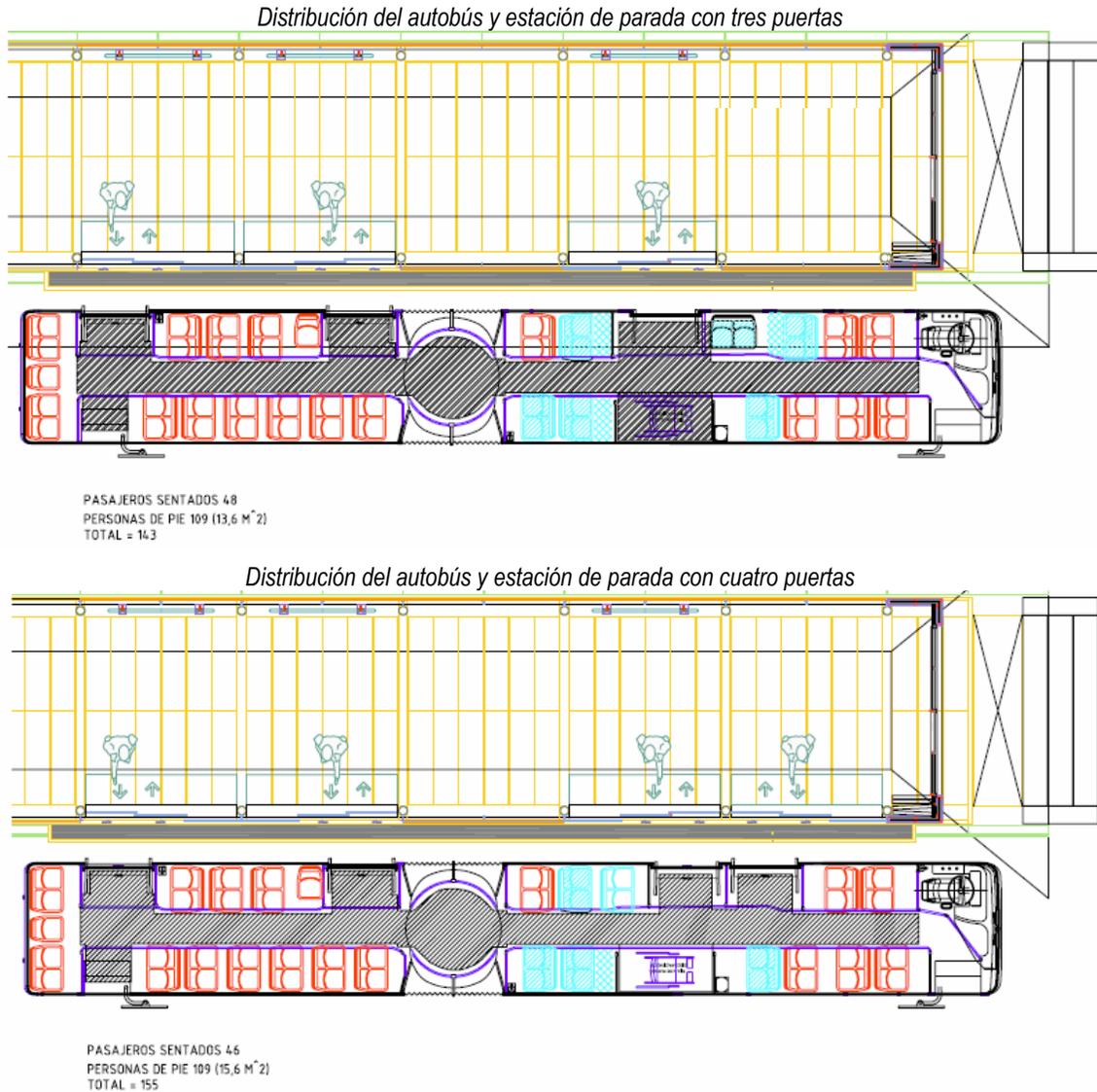
La demanda captada en la Fase 3 sería el 100% dada la concepción final del sistema.

Con esta configuración se tiene una cobertura espacial amplia, considerando una zonas de influencia de 600 mt para servicios Troncales y Auxiliares y 500 mt para servicios alimentadores, como se muestra en la Figura 13

Igualmente se revisó la cobertura de la lozación de los puntos de acceso, conforme a los actuales diseños que tiene Metro Cali S.A., considerando para los corredores pretroncales la localización de los puntos de parada deben tener una distancia en las intersecciones con corredores Troncales y con Pretroncales, es decir, con los corredores por donde transitan servicios auxiliares y troncales debe tener unas distancias máximas permitidas para facilitar la integración temporal, para este caso se ha establecido como máxima distancia 80 mt de la intersección al punto de parada, (ver Figura 14)

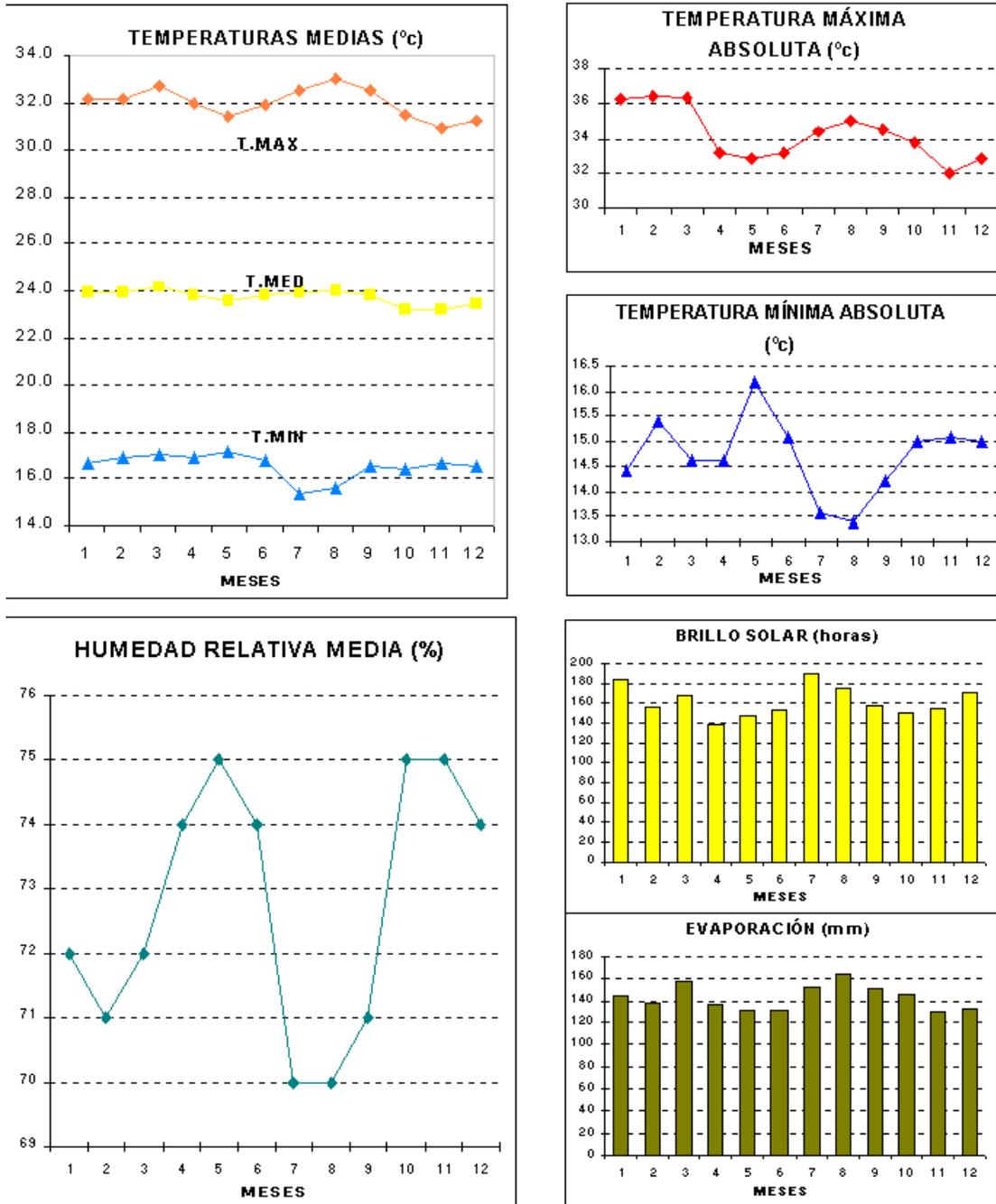


Figura 15. Distribución del interior del autobús con tres y cuatro puertas



Considerando que la temperatura ambiente promedio mensual (23°C – 25°C) y la humedad relativa promedio mensual (70% – 75%) de Cali (Ver Figura 16) son factores que pueden afectar el nivel de confort de los usuarios, se han realizado cálculos teóricos de una alternativa utilizando ventilación forzada (ver Anexo 3). Los resultados obtenidos indican que con la ocupación máxima dentro de los autobuses articulados en Cali, sería necesario incluir extractores para realizar la recirculación del aire al interior del vehículo. Esto haría necesario trabajar con un número mayor de los extractores convencionales o utilizar extractores más potentes para reducir la cantidad, obteniéndose aproximadamente 17 de éstos, cantidad que aún es alta para distribuirla en los espacios disponibles.

Figura 16. Serie histórica de información climática



Fuente: Datos publicados por el IDEAM

Al utilizar extractores de alta potencia se incrementaría el nivel de ruido al interior del autobús, pero usar extractores de menor potencia, significa aumentar notoriamente la cantidad, y para esta última alternativa se dificulta la distribución teniendo en cuenta que cada extractor debe estar localizado en una zona que le permita tener una captación de aire distribuida, para lograr el efecto de recirculación deseado en todo el interior de autobús.

Se ha configurado otra alternativa contemplando la utilización de aire acondicionado en los autobuses articulados; para esta alternativa hay que tener en cuenta variables como cantidad de puertas, número de sillas, distribución de espacios al interior, áreas de pasillos, nivel de servicio, frecuencia de paradas, tiempo de parada.

Los parámetros operacionales para las rutas troncales para la alternativa con aire acondicionado son los mismos presentados anteriormente, en razón a que el dimensionamiento está construido con los criterios antes descritos, como; el nivel de servicio, (ocupación promedio de 140 pasajeros), atendimento para posibles variaciones de incremento de demanda, margen de seguridad para el crecimiento de demanda atraída, entre los más relevantes.

Es importante resaltar que esta alternativa del aire acondicionado debe ser validada con el modelo financiero para tener siempre la premisa de un sistema autosostenible y socialmente viable.

## 5 REQUERIMIENTOS EN INFRAESTRUCTURA

Para la Fase 3 presentada anteriormente se ha procedido a revisar los principales parámetros de dimensionamiento de la infraestructura y equipos del nuevo sistema de transporte MIO, conforme al nuevo esquema operacional adoptado.

### 5.1 ESTACIONES TERMINALES

#### 5.1.1 DIMENSIONAMIENTO DE TERMINALES

En el Anexo 2 se presenta la revisión de la infraestructura diseñada de Estaciones Terminales, como complemento a lo indicado en este capítulo.

Para el diseño de operación presentado no se ha considerado la construcción de la Estación Terminal Intermedia Benito Juárez y la alimentación de esa cuenca se realizará en las estaciones del corredor troncal de la Carrera 1 con integración temporal para 5 de las rutas y con integración física para 1 de las rutas en la Estación terminal de Calima.

A si mismo, dentro del presente diseño operacional se ha planteado la relocalización de la Estación Terminal Villahermosa, específicamente en la intersección de la Autopista Simón Bolívar con carrera 29.

Estas modificaciones, tal como se indicó anteriormente, no representan impactos negativos o de relevancia para el nuevo Sistema. En el Anexo 5 se presenta la evaluación, en términos de configuración del sistema de transporte, de estas variaciones para cuantificar los ajustes realizados.

Los ajustes en la localización realizados a las Estaciones Terminales de Sur, Guadalupe, Puerto Mallarino y Aguablanca, no representan impactos sobre el modelo de transporte, por cuanto su relocalización ha sido menor a 500 mt. Pero sí debe ser verificada la flota operacional una vez se tenga definido el lugar exacto a ser usado por cuanto esta distancia puede representar alguna modificación en los recorridos promedios diarios (RPD) o hacer necesaria una modificación en la flota estimada.

A continuación (ver Tabla 19) se presentan la cantidad y tipos de bahías necesarias para cada una de las Estaciones Terminales del Sistema MIO.

Tabla 19. Cantidad de bahías en Estaciones Terminales del Sistema MIO en la Fase 3.

Terminal	Rutas – Requerimientos.				
	Bahías Troncales		Bahías Padrones		Bahía Complementarios
	TN	TE	P. Izq. <sup>4</sup>	P. Der. <sup>5</sup>	
Estación Terminal de Cabecera Sur - Valle del Lili	0	1	3	5	10
Estación Terminal de Cabecera Norte - Sameco	1	1	1	2	4
Estación Terminal de Cabecera Calima	1	1	7	12	1
Estación Terminal de Cabecera Puerto Mallarino	2	0	9	11	3
Estación Terminal de Cabecera Agua Blanca	2	1	6	11	3
Estación Terminal Intermedia Guadalupe	1	0	7	10	3
Estación Terminal Intermedia Cañaveralejo	3	1	5	7	8
Estación Terminal Intermedia Villahermosa	3	1	3	5	3

Con el número de rutas por tipo y con las frecuencias por hora se ha estimado la cantidad de bahías necesarias para la operación en las terminales (ver Anexo 2). Se recuerda que los autobuses padrón tienen puertas del lado derecho y del lado izquierdo, flexibilidad que es aprovechada para acomodar las bahías de este tipo de unidades en las plataformas altas (0.90 m) o en las plataformas por la puerta derecha (0.20 m). Una vez se tengan los diseños funcionales de las terminales se puede revisar esta condición que es específica para cada Estación Terminal. A la fecha están en proceso de preparación las licitaciones para este tipo de infraestructuras. Las bahías de reserva para futura expansión podrán considerarse según las expectativas de crecimiento de la cuenca y la disponibilidad que ofrezca el terreno, situación que será necesaria analizarla para cada una de las estaciones terminales.

Como referencia se puede tomar una expansión futura del Sistema de un 30%. Siguiendo este orden de ideas, se ha realizado la evaluación de la capacidad de las Estaciones Terminales considerando la expansión del Sistema desde dos puntos de vista. Como primer escenario aquel en que las frecuencias de las rutas correspondientes a cada Estación Terminal son afectadas por el factor de expansión 1,3 (30% adicional en capacidad de los mismos servicios) para identificar la cantidad de bahías necesarias para atender este aumento (ver Tabla 21), que se vería reflejado como un aumento en la demanda en los sectores cubiertos por el Sistema en la fase 3. Como un segundo escenario a evaluar, se consideró un aumento en los servicios por cada Estación Terminal del 30%, es decir, correspondiente al aumento del Número de rutas por Estación Terminal, situación que simula la necesidad de bahías por aumento de demanda reflejado en la ampliación de la cobertura geográfica que requiera de nuevos servicios para ser atendida y/o en los eventos de modificar los actuales

<sup>4</sup> La utilización de Puerta Izquierda o Puerta Derecha para las bahías de buses padrones en las Estaciones Terminales depende del Esquema Operacional adoptado para cada Estación Terminal, ya que el número de bahías es el de Puerta Izquierda o el de Puerta Derecha, pero nunca la suma de ambos, salvo el caso donde se considere la combinación de las dos alternativas, caso en el cual debe estudiarse la combinación óptima remitiéndose a las tablas de las Estaciones Terminales del Anexo 2.

<sup>5</sup> Idem.

servicios para mejorar la atención o nivel de servicio. De esta evaluación se obtuvo el número de bahías necesarias para el caso donde se pueda presentar este evento (ver Tabla 21).

**Tabla 20.** Cantidad bahías en Estaciones Terminales del Sistema MIO para el primer escenario de expansión considerado.

Terminal	Rutas - Proyección 30% en Frecuencias.				
	Bahías Troncales		Bahías Padrones		Bahía Complementarios
	TN	TE	P. Izq <sup>6</sup> .	P. Der <sup>7</sup> .	
Estación Terminal de Cabecera Sur - Valle del Lili	2	0	4	6	10
Estación Terminal de Cabecera Norte - Sameco	2	1	1	2	4
Estación Terminal de Cabecera Calima	2	1	10	15	1
Estación Terminal de Cabecera Puerto Mallarino	1	1	11	16	4
Estación Terminal de Cabecera Agua Blanca	3	1	11	17	3
Estación Terminal Intermedia Guadalupe	0	1	10	14	3
Estación Terminal Intermedia Cañaveralejo	3	2	6	8	14
Estación Terminal Intermedia Villahermosa	3	2	4	6	4

**Tabla 21.** Cantidad bahías en Estaciones Terminales del Sistema MIO para el segundo escenario de expansión considerado.

Terminal	Rutas - Proyección 30% N° de Rutas.				
	Bahías Troncales		Bahías Padrones		Bahía Complementarios
	TN	TE	P. Izq.	P. Der.	
Estación Terminal de Cabecera Sur - Valle del Lili	0	1	4	7	13
Estación Terminal de Cabecera Norte - Sameco	1	1	1	3	5
Estación Terminal de Cabecera Calima	1	1	9	16	1
Estación Terminal de Cabecera Puerto Mallarino	3	0	12	14	4
Estación Terminal de Cabecera Agua Blanca	3	1	8	14	4
Estación Terminal Intermedia Guadalupe	1	0	9	13	4
Estación Terminal Intermedia Cañaveralejo	4	1	7	9	10
Estación Terminal Intermedia Villahermosa	4	1	4	7	4

<sup>6</sup> Idem.

<sup>7</sup> Idem.

**Tabla 22.** Cantidad de Rutas en cada Estación Terminal del Sistema MIO para su Fase III

Terminal	Cantidad de Rutas o Servicios		
	Troncales	Auxiliares	Alimentadoras
Estación Terminal de Cabecera Sur - Valle del Lili	1	3	7
Estación Terminal de Cabecera Norte - Sameco	2	1	4
Estación Terminal de Cabecera Calima	2	5	3
Estación Terminal de Cabecera Puerto Mallarino	2	6	6
Estación Terminal de Cabecera Agua Blanca	3	4	5
Estación Terminal Intermedia Guadalupe	1	6	4
Estación Terminal Intermedia Calle 5-Carrera 52	4	5	7
Estación Terminal Intermedia Villahermosa	4	3	3

### 5.1.2 REVISIÓN Y SEGUIMIENTO AL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA

Se recomienda dar seguimiento a los diseños de los corredores troncales, tomando en cuenta los requerimientos de estaciones presentados en este documento y localizando los retornos operacionales, tal como se ha analizado en las reuniones con el equipo técnico de Metro Cali S.A.

### 5.2 ESTACIONES DE PARADA

Respecto a la configuración base del Sistema MIO se tiene como elemento nuevo para revisar la capacidad de las estaciones de parada, con la entrada de autobuses padrones, que tendrían puertas a ambos lados. La mayor demanda que pueden movilizar y el mayor número de frecuencias tienen efectos en la capacidad y saturación de las estaciones, razón por la cual, a continuación se presentan los datos de demanda expresados en ascensos y descensos en cada estación y frecuencias de buses en las estaciones correspondientes a las rutas que paran en cada estación, para estimar el respectivo porcentaje de saturación. Para el análisis de los datos se debe tomar en cuenta que estas informaciones se derivan del proceso de modelación y que en algunas estaciones hay simplificaciones por la representación de la red y por la zonificación adoptada.

En el Anexo 2 se presentan los ascensos y descensos de las rutas troncales en cada una de las estaciones de parada por sentido, así como la frecuencia en buses por hora que entran a cada estación.

De manera similar en el Anexo 2 para las rutas auxiliares se presentan los datos de ascensos y descensos provenientes de este tipo de rutas en cada una de las estaciones de parada, relacionadas con las frecuencias respectivas.

La capacidad en las estaciones está relacionada con la cantidad de buses que entran a dar servicio y con la cantidad de maniobras de ascenso y descenso de usuarios. Tomando en cuenta el tiempo mínimo de servicio (21 seg) de un bus, el tiempo promedio de ascenso (0.3 seg) y el tiempo de descenso (0.2 seg) en plataformas a nivel se ha estimado el grado de saturación (X) de las estaciones, los cuales se relacionan en la tabla siguiente.

$$\% Sat = \frac{21 * BusesParan + 0.3 * PasSuben + 0.2 * PasBajan}{3600}$$

Se han señalado los porcentajes de saturación mayor al 40% donde será necesario revisar el tipo de estación del proyecto. Los datos que no aparecen, se debe a la simplificación en las modelaciones de la red de transporte.

**Tabla 23.** Saturación de las Estaciones de Parada

No.	Ubicación	TOT. FRECUENCIAS		TOT. ASCENSOS		TOT. DESCENSOS		SATURACIÓN		Planteamiento de número de subparadas en la estación
		NS	SN	NS	SN	NS	SN	NS	SN	
1	Carrera 100 - Calle 13	40	40	78	230	1588	369	0,33	0,27	Parada Sencilla.
2	Carrera 100 - Calle 11	40	40	3	164	666	40	0,27	0,25	Parada Sencilla.
3	Calle 5 - Carrera 94	40	40	245	1367	622	796	0,29	0,39	Parada Sencilla.
4	Calle 5 - Carrera 77 <sup>8</sup>	40	40	305	1139	895	121	0,31	0,33	Parada Doble.
5	Calle 5 - Carrera 70	30	30	104	373	160	37	0,19	0,21	Parada Sencilla.
6	Calle 5 - Carrera 66	30	30	220	668	407	150	0,22	0,24	Parada Sencilla.
7	Calle 5 - Carrera 62	30	30	355	0	0	208	0,20	0,19	Parada Sencilla.
8	Calle 5 - Carrera 56	30	30	174	1373	1337	261	0,26	0,30	Parada Sencilla.
9	Calle 5 - Carrera 52	30	30	752	0	11	196	0,24	0,19	Parada Sencilla.
10	Calle 5 - Carrera 44 <sup>9</sup>	82	82	229	694	414	219	0,52	0,55	Parada Sencilla que debe ser proyectada como Doble.
11	Calle 5 - Carrera 39	82	82	480	1231	1739	1191	0,62	0,65	Parada Doble.
12	Calle 5 - Carrera 36 <sup>10</sup>	112	112	1047	625	1231	626	0,81	0,74	Parada Doble.
13	Calle 5 - Carrera 27	82	82	0	391	703	0	0,52	0,51	Parada Sencilla que debe ser proyectada como Doble.
14	Calle 5 - Carrera 22 <sup>11</sup>	112	112	278	1442	1054	1240	0,74	0,84	Parada Doble.

<sup>8</sup> Se ha planteado doble para dar flexibilidad al Sistema cuando sea implementado el retorno operacional de la Av. Calle 5 con Carrera 77.

<sup>9</sup> Esta estación de parada se encuentra en construcción como Estación de Parada doble, por cuanto su implementación permite dar flexibilidad en la operación.

<sup>10</sup> Por estar el índice de saturación en el límite entre Estación de Parada Doble y Triple y encontrándose en etapa de Construcción, se puede considerar como Estación de Parada Doble y observar su comportamiento durante la operación.

No.	Ubicación	TOT. FRECUENCIAS		TOT. ASCENSOS		TOT. DESCENSOS		SATURACIÓN		Planteamiento de número de subparadas en la estación
		NS	SN	NS	SN	NS	SN	NS	SN	
15	Carrera 15 - Calle 9	82	82	963	0	962	0	0,61	0,48	Parada Doble.
16	Carrera 15 - Calle 13	62	167	1327	2127	1564	2020	0,56	1,26	Parada Triple.
17	Carrera 15 - Calle 21	30	30	339	82	145	376	0,21	0,21	Parada Sencilla.
18	Carrera 15 - Calle 30	30	30	0	58	33	55	0,18	0,19	Parada Sencilla.
19	Carrera 15 - Calle 34	30	30	342	354	165	398	0,22	0,23	Parada Sencilla.
20	Carrera 15 - Calle 44	30	30	1087	326	511	482	0,30	0,23	Parada Sencilla.
21	Carrera 15 - Calle 52	30	30	677	104	147	198	0,24	0,20	Parada Sencilla.
22	Carrera 15 - Calle 58	30	30	363	0	0	254	0,21	0,19	Parada Sencilla.
23	Diag. 15 - Calle 71A <sup>12</sup>	39	39	341	264	436	203	0,28	0,26	Parada Sencilla.
24	Calle 70 - Carrera 5N	40	40	449	261	81	343	0,28	0,27	Parada Sencilla.
25	Calle 70 - Carrera 3BN <sup>13</sup>	172	172	6937	575	194	5843	1,59	1,38	Parada Triple.
26	Calle 70 - Carrera 1A5	50	50	39	0	39	0	0,30	0,29	Parada Sencilla.
27	Calle 70 - Carrera 1D	20	20	956	723	141	920	0,20	0,23	Parada Sencilla.
28	Calle 70 - Carrera 1J	20	20	155	0	0	155	0,13	0,13	Parada Sencilla.
29	Calle 70 - Carrera 5N	20	20	0	0	0	0	0,12	0,12	Parada Sencilla.
30	Calle 70 - Carrera 7C	20	20	282	151	128	210	0,15	0,14	Parada Sencilla.
31	Calle 70 - Carrera 7L Bis	20	20	282	151	128	210	0,15	0,14	Parada Sencilla.
32	Calle 70 - Carrera 9	20	20	461	532	199	422	0,17	0,18	Parada Sencilla.
33	Calle 70 - Carrera 12B	20	20	256	643	621	252	0,17	0,18	Parada Sencilla.
34	Calle 70 - Carrera 25	20	20	555	260	209	271	0,17	0,15	Parada Sencilla.
35	Calle 70 - Carrera 26	20	20	0	115	21	0	0,12	0,13	Parada Sencilla.
36	Calle 70 - Carrera 26J	20	20	0	115	21	0	0,12	0,13	Parada Sencilla.
37	Calle 70 - Carrera 28D <sup>14</sup>	59	59	581	640	763	135	0,43	0,41	Parada Sencilla.
38	Calle 70 - Carrera 28H <sup>15</sup>	135	135	2581	934	1851	805	1,10	0,91	Parada Sencilla.
39	Carrera 36 - Carrera 32	20	20	90	52	19	16	0,13	0,12	Parada Sencilla.
40	Carrera 36 - Carrera 39	20	20	227	128	209	146	0,15	0,14	Parada Sencilla.
41	Carrera 36 - Carrera 40	20	20	293	1252	770	263	0,18	0,24	Parada Sencilla.
42	Carrera 36 - Carrera 42	20	20	0	0	0	0	0,12	0,12	Parada Sencilla.
43	Carrera 36 - Carrera 46B	20	20	312	2422	2039	162	0,26	0,33	Parada Sencilla.
44	Carrera 1 - Calle 62 <sup>16</sup>	78	78	2066	0	0	1281	0,63	0,53	Parada Sencilla.

<sup>11</sup> Ibid.

<sup>12</sup> Esta estación es sencilla, debe ajustarse el proyecto geométrico.

<sup>13</sup> Este nodo representa la estación parada y la Estación Terminal de Calima. Esta estación de parada debería ser implementada desde la Fase I del proyecto, como estación de parada doble, y en la Fase II como estación de parada triple para reducir la carga sobre la Estación Terminal de Calima y mejorar la funcionalidad vial.

<sup>14</sup> Este punto también está representando la Estación Terminal de Villahermosa.

<sup>15</sup> Este punto también está representando la Estación Terminal de Villahermosa.

<sup>16</sup> El nivel de saturación será mejorado una vez se implemente el retorno en la Carrera 1 con Calle 44, reduciendo el número de servicios sobre esta estación de los servicios auxiliares (reducción de 35 frecuencias) quedando en un nivel menor de saturación a 0,45, esto es parte del trabajo a realizar en la puesta en operación mediante la optimización del sistema para retroalimentar con mediciones directas sobre el comportamiento de los usuarios.

No.	Ubicación	TOT. FRECUENCIAS		TOT. ASCENSOS		TOT. DESCENSOS		SATURACIÓN		Planteamiento de número de subparadas en la estación
		NS	SN	NS	SN	NS	SN	NS	SN	
45	Carrera 1 - Calle 56	58	58	475	67	138	399	0,39	0,37	Parada Sencilla.
46	Carrera 1 - Calle 47N	58	58	475	67	138	399	0,39	0,37	Parada Sencilla.
47	Carrera 1 - Calle 44	78	78	1443	899	1357	1699	0,65	0,62	Parada Doble.
48	Carrera 1 - Calle 39	58	58	238	409	717	434	0,40	0,40	Parada Sencilla.
49	Carrera 1 - Calle 30N	24	24	207	77	294	570	0,17	0,18	Parada Sencilla.
50	Carrera 1 - Calle 24	0	24	2	116	134	490	0,01	0,18	Parada Sencilla.
51	Carrera 1 - Calle 21N	0	24	0	147	0	726	0,00	0,19	Parada Sencilla.
52	Carrera 4N - Calle 23	24	0	0	0	148	0	0,15	0,00	Parada Sencilla.
53	Ave 3N - Calle 52N	30	30	578	69	206	891	0,23	0,23	Parada Sencilla.
54	Ave 3N - Calle 44N	30	30	520	478	904	520	0,27	0,24	Parada Sencilla.
55	Ave 3N - Calle 38A N	30	30	282	284	527	578	0,23	0,23	Parada Sencilla.
56	Ave 3N - Calle 33A N	49	49	282	284	527	578	0,34	0,34	Parada Sencilla.
57	Ave. Américas - Av. Vásquez Cobo <sup>17</sup>	30	30	320	0	0	1794	0,20	0,27	Parada Sencilla.
58	Ave. Américas - Calle 23N	30	30	320	0	0	1794	0,20	0,27	Parada Sencilla.
59	Ave. Américas - Calle 21N	30	30	320	0	0	1794	0,20	0,27	Parada Sencilla.
60	Ave. Américas - Calle 15 <sup>18</sup>	54	30	526	173	675	882	0,40	0,24	Parada Doble.
61	Transv. 25 - Calle 18	39	39	61	145	104	172	0,24	0,25	Parada Sencilla.
62	Transv. 25 - Calle 25	39	39	99	599	301	646	0,25	0,31	Parada Sencilla.
63	Transv. 25 - Diag 22	56	56	547	112	214	139	0,38	0,34	Parada Sencilla.
64	Transv. 25 - Calle 32 <sup>19</sup>	56	56	846	271	340	438	0,42	0,37	Parada Doble.
65	Transv. 25 - Calle 44	69	69	242	35	19	102	0,42	0,41	Parada Sencilla.
66	Transv. 29 - Calle 36 <sup>20</sup>	106	106	2972	633	1015	1941	0,92	0,78	Parada Sencilla.
67	Cra. 28D - Calle 71A <sup>21</sup>	88	88	581	640	763	135	0,60	0,57	Parada Sencilla.
68	Cra. 28D - Calle 72I	39	39	276	23	66	81	0,25	0,23	Parada Sencilla.
69	Cra. 28D - Calle 72U <sup>22</sup>	146	146	2559	16	64	920	1,07	0,90	Parada Sencilla.
70	Cra. 28D - Av. Ciudad de	146	146	2559	16	64	920	1,07	0,90	Parada Sencilla.

<sup>17</sup> La implantación de esta estación esta en proceso de evaluación en el proyecto geométrico, para mejorar la integración del Sistema MIO con la Central de Transporte o Terminal de Transporte.

<sup>18</sup> Esta estación se plantea doble por cuanto recoge dos corredores, la Carrera 1 y la Av. Américas.

<sup>19</sup> Para dar en operación flexibilidad y plantear rutas expresas sobre esta estación.

<sup>20</sup> Este punto también esta representando la Estación Terminal de Villahermosa, por tanto se plantea sea una estación de parada sencilla.

<sup>21</sup> Ibid.

<sup>22</sup> Este punto esta representando dos estaciones y la Terminal de Aguablanca, por cuanto la estación de parada se plantea sencilla.

No.	Ubicación	TOT. FRECUENCIAS		TOT. ASCENSOS		TOT. DESCENSOS		SATURACIÓN		Planteamiento de número de subparadas en la estación
		NS	SN	NS	SN	NS	SN	NS	SN	
	Cali <sup>23</sup>									
71	Calle 13 - Carrera 4	121	0	2095	0	3642	0	1,08	0,00	Parada Triple.
72	Calle 13 - Carrera 10	134	0	1360	0	809	0	0,94	0,00	Parada Triple.
73	Calle 13 - Carrera 15	62	167	1327	2127	1564	1958	0,56	1,26	Parada Triple.
74	Calle 15 - Carrera 4	0	134	0	3830	0	7290	0,00	1,51	Parada Triple.
75	Calle 15 - Carrera 10	0	194	1553	3921	591	8399	0,16	1,93	Parada Triple.
76	Calle 15 - Carrera 15 <sup>24</sup>	0	60	0	204	0	62	0,00	0,37	Parada Triple.

De acuerdo con los valores de saturación, se observa que las estaciones de la Calle 13 y Calle 15 en la zona centro corresponden a las más críticas.

Las estaciones con porcentajes de saturación mayor a 80% deben mantener una configuración de tres módulos (tres paradas por sentido). De este modo las estaciones de la zona centro mantienen la recomendación de tres módulos.

La Estación Terminal Villahermosa en su nueva ubicación en la intersección de la Autopista Simón Bolívar y la Carrera 29 necesita tomar en cuenta las rutas alimentadoras del sector.

Las estaciones de la Carrera 1, Transversal 29, Diagonal 28 y Calle 5 con índice de saturación mayor a 55% y menor a 80% deberían ser dobles. Para las estaciones con índices de saturación entre 45% y 55%, será sencilla con la posible expansión proyectada para ser doble en los diseños para la infraestructura.

Este mismo criterio aplica para las estaciones de la Carrera 15 entre la Calle 5 y Calle 15. En algunos tramos de corredor por homogeneidad del sistema se recomienda revisar si se puede mantener un mismo tipo de estación, situación que es posible de revisar en los proyectos geométricos y con el apoyo del personal local de la administración.

Se recomienda asignar rutas según destinos, en los módulos de las estaciones dobles y triples.

La infraestructura que a la fecha ya se encuentran construídas y que tengan características inferiores a las proyectadas en este informe, se recomienda hacerles el respectivo seguimiento durante la operación para corroborar su comportamiento y planear sus ajustes, ya sea en esquema de operación o de la infraestructura.

<sup>23</sup> Ibid.

<sup>24</sup> Esta estación se plantea Triple para conservar la uniformidad del tramo y permitir la flexibilidad del Sistema en la operación

**Tabla 24:** Resumen de Estaciones de Parada S.I.T.M.

Corredor	Tramo	Tipo de Parada <sup>25</sup>	Observaciones
Calle 5	Calle 25 – Cosmocentro	Tipo I-B	Estación Calle 5 Cra. 52 y Cra. 77 Tipo II
	Cosmocentro - Carrera 15	Tipo II	
Carrera 15	Calle 5 - Calle 13	Tipo II	
	Calle 13 - Calle 15	Tipo III	
	Calle 15 - Av. Cd. de Cali	Tipo I-A	
Transversal 28 / 29	Carrera 15 - Av. Cd. de Cali	Tipo I-B	Estación Transv.29 Calle 32 Tipo II
Carrera 1	Av. Américas - Calle 70	Tipo I-B	Estación Calle 44 y Calle 15 Tipo II
Av. Américas / Av. 3N	Carrera 1 - Calle 70	Tipo I-A	Estación frente ISS Tipo I-B
Calle 70	Av. 3N - Calle 25	Tipo I-A	Estación frente a Calima Tipo III
Calle 13	Carrera 1 - Carrera 15	Tipo III	Servicio por un solo lado
Calle 15	Carrera 15 - Carrera 1	Tipo III	Servicio por un solo lado

### 5.3 PATIOS Y TALLERES

Para el estudio del tamaño de Flota para el diseño de los Patios y Talleres del Sistema MIO, se realizó una distribución de la flota de la siguiente manera:

1. Para la flota correspondiente a las Rutas Alimentadoras, se le asigna el 100% de la Flota al Patio asociado a cada cuenca de alimentación y esta a una Estación Terminal, para cada Fase.
2. Para las rutas Auxiliares y Troncales que sean circulares, se les asigna el 100% de la Flota al Patio asociado a la Estación Terminal de inicio del viaje, en cada Fase.
3. Para las rutas Auxiliares y Troncales que van de una Estación Terminal a otra, se les asigna el 50% de la Flota al Patio asociado a cada Estación Terminal a la que arribe la ruta, en cada Fase.

En el Anexo 2 se presentan los cálculos de la flota necesaria para cada patio que actualmente se ha planteado, la configuración actualmente usada es:

- Patio Norte (Estaciones Terminales de Calima y Sameco)
- Patio Aguablanca (Estaciones Terminales de Villahermosa y Aguablanca)
- Patio Puerto Mallarino (Estación Terminal de Puerto Mallarino)
- Patio Guadalupe-Plaza de Toros (Estaciones Terminales de Guadalupe y la Estación localizada en la Calle 5 con Carrera 52 (Cosmocentro))
- Patio Sur (Estación Terminal Sur)

<sup>25</sup> El tipo de Estación de Parada obedece a los resultados de las modelaciones del diseño de operación, y puede ajustarse de acuerdo al comportamiento de la demanda durante la operación del mismo.

A partir de los datos de flota en los patios para la Fase 3 se ha procedido a estimar los tamaños de los terrenos y el número de facilidades que se requieren para el mantenimiento. En el cuadro siguiente se presentan las áreas requeridas en cada patio según la composición de flota estimada en cada uno de los mismos.

Para fines de reserva para expansión en los patios se ha considerado un incremento en la flota del 30% para el horizonte del proyecto (24 años de concesión). De este modo, los requerimientos de área son los que se presentan a continuación (incluye la expansión).

**Tabla 25. Areas requeridas para los patios con reserva de posible crecimiento del MIO**

PARÁMETRO	Patio Sur			Patio Sameco Calima			Patio Puerto Mallarino			Patio Aguablanca Villahermosa Benito Juárez			Patio Guadalupe Cosmocentro			UNIDAD
	Articulados	Padrón y Complementario	Total	Articulados	Padrón y Complementario	Total	Articulados	Padrón y Complementario	Total	Articulados	Padrón y Complementario	Total	Articulados	Padrón y Complementario	Total	
Flota	45	173		71	233		24	167		49	194		71	242		vehículos
Número de cárcamos para Servicios Básicos	1	6	7	2	8	9	1	6	6	1	7	8	2	8	9	fosa
Número de cárcamos para Servicios Completos	1	4	5	1	5	6	1	4	4	1	5	5	1	6	7	fosa
Número de cajones para Lubricación	2	7	9	3	10	12	1	7	8	2	8	10	3	10	13	taller
Número de cárcamos para Mantenimiento Correctivo	1	3	4	1	4	5	1	3	3	1	4	4	1	4	5	fosa
Número de cajones para Mant de Tipo Eléctrico	1	2	2	1	2	3	1	2	2	1	2	2	1	2	3	taller
Número de cajones para Mant de Llantas	1	2	2	1	2	3	1	2	2	1	2	2	1	2	3	taller
<b>Número total de cárcamos o cajones</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>9</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>talleres</b>
Acceso al patio (portería)	249	173	249	249	173	249	249	173	249	173	249	249	173	249	173	m2
Inspección visual, lavado y reabastecimiento	535	371	535	535	371	535	535	371	535	371	535	535	371	535	371	m2
Área de Reciclaje del Agua	160	111	160	160	111	160	160	111	160	111	160	160	111	160	111	m2
Estacionamiento de la flota	8019	21409	29428	12652	28834	41486	4277	20666	24943	8732	24008	32739	12652	29948	42600	m2
Sector administrativo	1203	3211	4414	1898	4325	6223	642	3100	3741	1310	3601	4911	1898	4492	6390	m2
Fosas Servicio Básico	86	356	599	171	475	770	86	356	513	86	416	684	171	475	770	m2
Fosas Servicio Completo	86	238	428	86	297	513	86	238	342	86	297	428	86	356	599	m2
Cajones Lubricación	257	624	770	385	891	1026	128	624	684	257	713	855	385	891	1112	m2
Fosas Tipo Correctivo	128	267	513	128	356	642	128	267	385	128	356	513	128	356	642	m2
Cajones Tipo Eléctrico/Neumático	107	149	214	107	149	321	107	149	214	107	149	214	107	149	321	m2
Área total de Mantenimiento	663	1,634	2,523	877	2,168	3,272	535	1,634	2,138	663	1,931	2,694	877	2,228	3,443	m2
<b>Área total</b>	<b>10829</b>	<b>26909</b>	<b>37,310</b>	<b>16371</b>	<b>35983</b>	<b>51,925</b>	<b>6397</b>	<b>26056</b>	<b>31,767</b>	<b>11649</b>	<b>30195</b>	<b>41,289</b>	<b>16371</b>	<b>37323</b>	<b>53,377</b>	<b>m2</b>
Área requerida por Vehículo	241	156	171	231	154	171	267	156	166	238	156	170	231	154	171	m2

Según información de Metro Cali S.A., existen variaciones en la localización de los Patios y Talleres, por tanto, por las diferencias en la forma de los lotes, el resultado de estas áreas deberá ser plasmado funcionalmente dentro de cada caso en particular para verificar su adecuada implantación, por tanto el esquema deberá ser revisado cada vez que se realice un planteamiento.

Cuando se presente una alternativa de unir los patios se deberá sumar la flota relacionada con cada una de estos, esta información podrá ser tomada del Anexo 2.

## 6 CALIDAD DEL SERVICIO EN EL MIO

La operación del MIO deberá cumplir con los estándares de calidad y eficiencia que define Metro Cali S.A. para el Sistema MIO. Los parámetros para cuantificar la calidad del servicio del Sistema MIO regularidad, puntualidad, operación, accidentalidad, multas, quejas de los usuarios, aseo de los vehículos, aseo y estado de la infraestructura a su cargo, estado de los autobuses, estado de los equipos a bordo, niveles de contaminación ambiental, manejo ambiental, fallas mecánicas, contravención al código de tránsito, y otros.

Estos indicadores establecen estándares mínimos respecto a la calidad de los servicios prestados. La evaluación de los indicadores se hará periódicamente, de acuerdo como se estipule para cada indicador, por parte de Metro Cali S.A. o quien esta designe. Para la calificación de los Concesionarios tomando en cuenta los indicadores de calidad de desempeño en el servicio se realizará una ponderación de los mismos, la cual podrá ser ajustada de acuerdo con la experiencia recogida de la operación, según la afectación de la calidad del servicio, tal como se presenta en la Tabla 26.

La construcción de estos indicadores para determinar las fórmulas obedece al esquema de multas o sanciones que se han establecido en los prepliegos, es decir, si se realiza modificación a estos niveles debe ser revisado los factores de las diferentes fórmulas aquí planteadas.

Tabla 26. Parámetros para índices de calidad de desempeño del Concesionario (ICD)

Índice	Código	Ponderación (p)	
Regularidad	IR	P1	10,0%
Puntualidad	IP	P2	10,0%
Operación	IO	P3	20,0%
Accidentalidad	IA	P4	25,0%
Estado unidades	IE	P5	15,0%
Desempeño ambiental	IDA	P6	15,0%
Estado de la infraestructura a su cargo	IEI	P7	5,0%
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>

Cada índice será determinado por Metro Cali S.A. de la información automática del Sistema de Información del Sistema MIO y de los reportes de los funcionarios e inspectores de operación del Sistema de Información. Para la determinación de los índices también se hará uso de los informes y reportes generados por la Autoridad de Transporte.

El resultado final para cada Concesionario será la sumatoria de cada uno de los índices, de acuerdo con la ponderación establecida, de la siguiente manera:

$$ICD_i = p_1 * IR + p_2 * IP + p_3 * IO + p_4 * IA + p_5 * IE + p_6 * IDA + p_7 * IEI$$

Donde:

$ICD_i$ :	Índice de Calidad de Desempeño del operador i.
$p_n$ :	Factor de ponderación n para cada índice.
$IR, IP, IO, IA, IE, IDA, IEI$	Índices de regularidad, puntualidad, operación, accidentalidad, estado de las unidades, desempeño ambiental y estado de la infraestructura.

El cálculo de cada uno de los parámetros para el índice de calidad de desempeño se efectuará de la forma siguiente:

### 6.1 ÍNDICE DE REGULARIDAD

Es la relación entre las cantidades de itinerarios realizados frente a los itinerarios programadas. Un itinerario se considera como el recorrido efectuado por un autobús del Sistema MIO, por una sola vez en un servicio programado, es decir, dos itinerarios pueden componer lo que se conoce como ida y vuelta.

$$IR_i = e^{-5 * \left( \frac{ITP_i - IE_i}{ITP_i} \right)}$$

Donde:

$IR_i$ :	Índice de regularidad del Concesionario i, para el período evaluado.
$IE_i$ :	Cantidad de itinerarios ejecutados satisfactoriamente por el Concesionario i en el período evaluado.
$ITP_i$ :	Cantidad de itinerarios totales programados para el Concesionario i en el período evaluado, de acuerdo con el Programa de Servicios de Operación.
$e$ :	Número de Euler (2,718282)

## 6.2 ÍNDICE DE PUNTUALIDAD

Es la relación entre la cantidad de servicios exactos realizados en cumplimiento de los itinerarios y frecuencias programados (medidos al inicio del itinerario) y la totalidad de los servicios realizados, incluyendo los que no cumplieron exactamente los horarios pero que se aceptaron como aprobados. Un servicio es la secuencia de paradas que deben efectuar un autobús del Sistema MIO, dentro de un itinerario, según los servicios programados en el Programa de Servicios de Operación.

$$IP_i = e^{-5 \cdot \frac{ITP_i - SIT_i}{ITP_i}}$$

Donde:

$IP_i$ :	Índice de puntualidad del Concesionario i, para el período evaluado.
$SIT_i$ :	Cantidad de servicios efectuados y tomados como cumplidos exactamente según los horarios del Programa de Servicios Operación del Concesionario i. Los servicios se toman como exactamente cumplidos, si el autobús llega a la plataforma, para el embarque y desembarque de pasajeros, con un retraso respecto a la hora programada para inicio del itinerario, menor o igual al 50% del intervalo del período. De cualquier forma el retraso no puede ser mayor a 5 minutos ni el adelanto puede ser mayor a 8 minutos.
$ITP_i$ :	Cantidad total de itinerarios programados para el Concesionario i en el período evaluado, de acuerdo con el Programa de Servicios de Operación.
$e$ :	Número de Euler (2,718282)

## 6.3 ÍNDICE DE OPERACIÓN

La calificación se obtendrá de la relación entre el número de multas por fallas en la operación en razón al kilometraje efectivamente recorrido por el operador i en el período medido. La relación es la siguiente:

$$IO_i = e^{-25 \cdot \left( \frac{MO_i}{KS_i} \right)}$$

Donde:

$IO_i$ :	Índice de operación del operador i, para el período evaluado.
$MO_i$ :	Suma de las multas por fallas en la operación del operador i expresadas en km para el período en evaluación.
$KS_i$ :	Kilómetros en servicio prestados por el operador i.
e :	Número de Euler (2,718282)

#### 6.4 ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD

La calificación se obtendrá según el número de accidentes del operador en el período evaluado en razón a los kilómetros en servicio.

$$IA_i = 1 - \left( \frac{\beta_i - \beta_{MIN}}{\beta_{MAX} - \beta_{MIN}} \right)$$

$$\beta_i = \left( \frac{AD_i + 3 * AH_i + 20 * AF_i}{KS_i} \right)$$

Donde:

$IA_i$ :	Índice de accidentalidad del operador i para el período evaluado.
$AD_i$ :	Número de Accidentes simples, o sea únicamente con daños materiales del operador i.
$AH_i$ :	Número de Accidentes graves o sea con heridos del operador i.
$AF_i$ :	Número de Accidentes con muertos del operador i.
$KS_i$ :	Kilómetros en servicio prestados por el operador i.
$\beta_{MINj}, \beta_{MAXj}$ :	Grado de accidentalidad mínimo y máximo de los operadores.
$\beta_i$ :	Factor de accidentalidad del operador i.

## 6.5 ÍNDICE DE ESTADO DE LOS AUTOBUSES

La calificación de cada uno de los operadores se obtendrá de la relación entre el número de multas por concepto del estado de los vehículos (aseo, fallas mecánicas, imagen) y el kilometraje efectivamente recorrido por el operador  $i$ , en el período evaluado. La relación es la siguiente:

$$IE_i = e^{-15 * \left( \frac{ME_i}{KS_i} \right)}$$

Donde:

$IE_i$ :	Índice de estado de los vehículos del operador $i$ , para el período evaluado.
$ME_i$ :	Suma de las multas por fallas en el estado de los vehículos del operador $i$ , expresadas en kilómetros para el período evaluado.
$KS_i$ :	Kilómetros en servicio prestados por el operador $i$ , durante el período evaluado.
$\beta_i$ :	Relación entre las multas por el estado de los vehículos en operación y los Kilómetros en servicio del operador, en el período evaluado.
$e$ :	Número de euler (2,718282)
$\beta_{MINj}, \beta_{MAXj}$ :	Mínimo y máximo factor de la relación entre multas por el estado de los vehículos en la operación y kilómetros recorridos de los operadores en el período en estudio.

## 6.6 ÍNDICE DE DESEMPEÑO AMBIENTAL

La calificación del índice de desempeño ambiental, se dará según el manejo que el operador  $i$  esté presentando en los aspectos ambientales considerados en este numeral.

Con base en las calificaciones individuales obtenidas por los diferentes factores que conforman el desempeño ambiental, se obtendrá un puntaje único que integrará el resultado ponderado de las puntuaciones antes mencionadas, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$IDA_i = [0.05 * EPT + 0.20 * MR + 0.65 * IEG + 0.10 * IR]$$

### 6.6.1 Manejo de elementos de postratamiento

En el evento de que el operador utilice elementos para postratamiento de las emisiones de gases de los autobuses, el Operador debe presentar el procedimiento a utilizar para el manejo de estos elementos, retirados de los autobuses por mal funcionamiento o cumplimiento de su vida útil. De acuerdo con el manejo que el operador dé a estos elementos, se evaluará con lo estipulado en la siguiente tabla.

CLASIFICACIÓN	Puntaje <i>EPT</i>
Disposición Final sin tratamiento	0.0
Inertización <sup>26</sup> y/o reprocesamiento <sup>27</sup> y/o reciclaje <sup>28</sup>	0.5
No utilizar elementos para postratamiento de las emisiones de gases	1.0

### 6.6.2 Índice de manejo de residuos

Para el cálculo del manejo de residuos derivados de la actividad misma (aceites, lubricantes, llantas, baterías, vidrios, plásticos, partes metálicas, etc.). Según el proceso que adopte el operador i, para la disposición de los residuos (Disposición final, Reciclaje ó Reconstrucción y/o reutilización) se determinará el índice de manejo de residuos.

Para evaluar el manejo de los residuos, el operador debe contar con la certificación emitida por la autoridad ambiental o realizarlo mediante una entidad que se encuentre certificada para el correcto manejo y disposición de los residuos, conforme al plan de manejo de residuos presentado por el operador i. Los puntajes se asignaran conforme la certificación emitida por la entidad y/o autoridad ambiental.

El operador debe presentar la forma en que se manejará y dispondrá adecuadamente los siguientes tipos de residuos: aceites y lubricantes, llantas, baterías, vidrios, plásticos.

<sup>26</sup> Significa hacer totalmente inocuos los componentes químicos y físicos contaminados o contaminantes de los elementos para postratamiento de las emisiones de gases de los autobuses.

<sup>27</sup> Significa introducir el equipo en un sistema de producción de elementos para postratamiento de las emisiones de gases de los autobuses, para regenerar los elementos y hacerlos utilizables nuevamente, empleando las medidas más exigentes para evitar en el proceso de generar daños para el medio ambiente, derivados de los elementos del mismo.

<sup>28</sup> Significa introducir el elementos para postratamiento de las emisiones de gases de los autobuses, en una cadena productiva para obtener un bien diferente y libre de la peligrosidad del mismo.

Clasificación	Aceites y lubricantes (AL)	Llantas (LL)	Baterías (B)	Vidrios y plásticos (VP)	Partes Metálicas (PMet)
Disposición Final sin tratamiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reciclaje	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Reconstrucción y/o Reutilización	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Con base en el de manejo de residuos, se establecerá el puntaje asignado a este factor, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$MR_i = 0.3*(AL + B) + 0.2*LL + 0.1*(VP + PMet)$$

### 6.6.3 Índice de contaminación por emisiones

Para el control ambiental durante la operación, Metro Cali S.A. establecerá una línea base de las emisiones de los autobuses del Sistema MIO, la cual se elaborará de acuerdo con el Protocolo Técnico que para tal efecto emita Metro Cali S.A.

El cálculo de la contaminación por emisiones se realizara conforme a las pruebas que Metro Cali S.A. estipule, acorde a los siguientes conceptos generales para cada tipo de emisión.

#### 6.6.3.1 Emisiones gaseosas

Se asignará el puntaje según los niveles de emisiones de gases generados por cada autobús, para lo cual Metro Cali S.A. realizará una línea base de los autobuses del Sistema MIO, de acuerdo con el Protocolo Técnico que para tal efecto emita Metro Cali S.A.

Las mediciones se tomarán con la frecuencia que Metro Cali S.A. determine como la adecuada para obtener información suficiente.

$$IEG_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \left( \frac{CEA_j}{NVP_j} \right)}{n_i}$$

$IEG_i$ :	Índice de emisiones gaseosas de los autobuses del operador i para el período evaluado.
$CEA_j$ :	Numero de Certificados Aprobados para el autobús j del operador i, para el período evaluado.
$NVP_j$ :	Numero de veces que el operador i, tenga que presentar el autobús j para obtener el certificado de emisiones en el período evaluado.
$n_i$ :	Número de Autobuses del operador i presentados para la evaluación en el período.

### 6.6.3.2 Emisiones de ruido

Se asignará un puntaje según los niveles de emisión de ruido certificados, conforme a la siguiente fórmula:

$$IR_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \left( e^{\left( \frac{R_j - 65,8564214}{10} \right)} - 0,089 \right)}{n_i}$$

Donde:

$IR_i$ :	Índice por emisión de ruido para el operador i para el período evaluado.
$R_j$ :	Emisiones Sonoras (en dB) del autobús j del operador i.
dB:	Decibeles
$n_i$ :	Número de Autobuses del operador i presentados para la evaluación en el período.
e :	Número de euler (2,718282)

## 6.7 ÍNDICE DE ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA A SU CARGO

Para evaluar el estado de la infraestructura a cargo del operador se tendrá en cuenta el estado físico, el estado de apariencia y el aseo de la infraestructura a su cargo, para lo cual se evaluará

mediante las revisiones periódicas adelantadas por Metro Cali S.A. o por quien esta designe, aplicando la siguiente ecuación.

$$IEI_i = \left( \frac{IS_i}{NIT_i} \right)$$

<i>IEI<sub>i</sub></i> :	Índice de estado de la infraestructura a cargo del operador i, en el período evaluado.
<i>IS<sub>i</sub></i> :	Numero de inspecciones satisfactorias de la infraestructura a cargo del operador i, en el período evaluado.
<i>NIT<sub>i</sub></i> :	Numero total de inspecciones realizadas a la infraestructura a cargo del operador i, en el período evaluado.

## 7 INTEGRACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Los sistemas complementarios de transporte son fundamentales para brindar una completa cobertura interregional de transporte e incluso en sectores donde el Sistema MIO no brinda de total cobertura (para los sectores de ladera, por las razones expuestas en el Anexo 6), mas aún cuando se propone el Sistema MIO preste un servicio a aproximadamente el 100% de la ciudad, con un grado de satisfacción totalmente diferente al actual sistema de transporte colectivo, proyectando el nuevo sistema un esquema de mayor confiabilidad, seguridad, comodidad y rapidez.

Metro Cali S.A. ha adelantado una evaluación de sector transportador que atienden las zonas de ladera mediante vehículos camperos, en aras de revisar técnicamente la situación de ladera, en cuanto al potencial cubrimiento del Sistema Integrado de Transporte Masivo. Para atender esta situación, Metro Cali S.A. y los operadores actuales de los servicios de camperos se propusieron trabajar en la integración de estos sistemas, para lo cual se plantearon mesas de trabajo las cuales se iniciaron el mes de septiembre del año 2005. Dentro de las actividades se levantó información de campo de las diferentes rutas (con equipo de GPS) que tienen este servicio y una identificación general del tipo de servicio.

De los resultados de esta evaluación adelantada por Metro Cali S.A. y que es importante para dar una solución, se destaca que:

- Estas zonas no cuentan con una infraestructura física de vías adecuada para prestar el servicio de transporte.
- El nivel de informalidad de la tarifa, incluso llegando a pagar \$100 pesos por un pasaje, lo que indirectamente brinda un subsidio a las personas de bajos recursos.
- Se presta el servicio de carga, es decir, un servicio mixto el cual es típico de estos tipos de vehículos.

Del resultado de este estudio Metro Cali S.A. ha planteado dos alternativas de integración, la primera como una integración total de estos servicios, absorbiendo todos los sistemas, es decir, incorporando dentro de los servicios del Sistema MIO, los servicios de las zonas de ladera, y la segunda alternativa es la integración al Sistema MIO mediante tarifa, como un servicio de transporte complementario.

Ya se han adelantado trabajos sobre la alternativa 2, con los transportadores de estos sectores.

La integración de los servicios interregionales a la fecha no ha sido planteada, por cuanto significa un proceso administrativo mas complejo, y el interés de la administración municipal es sacar adelante el Sistema MIO dentro del municipio y lograr consolidarlo para ir incorporando otros

sistemas complementarios para mejorar la cobertura. Sin embargo se han planteado la cantidad de plataformas en cada Estación Terminal de cabecera para permitir esta integración, inicialmente se puede operar sin existir integración dentro de las plataformas destinadas para estos servicios, y la integración puede ser puesta en funcionamiento una vez se tengan todos los convenios y actos administrativos con los municipios totalmente establecidos y operativamente se integran mediante el Concesionario Sistema de Información.

## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los parámetros operacionales del sistema MIO que se presentan en este documento corresponden a la referencia básica del Sistema en sus fases de implantación. No sobra recordar que en la etapa de pruebas y durante la puesta en marcha del sistema se deberán realizar mediciones directas en el sistema que seguramente derivarán en ajustes menores en el diseño operacional. Experiencias de sistemas similares muestran que se podrá continuar con el proceso de optimización del diseño operacional.

Destaca la intención de integrar el 100% del sistema en la Fase 3, especialmente fundamentados en la marginalidad de un sistema de rutas remanentes en cuanto a cobertura, demanda y kilómetros que le corresponderían. El sistema de cobro admite la integración temporal y prácticamente este tipo de rutas puede hacer parte del Sistema MIO.

- **Etapa de pruebas y puesta en marcha del sistema**

En sistemas como el Sistema MIO es necesaria una etapa de pruebas antes de la puesta en marcha en operación comercial. Especialmente para capacitación y puesta a punto de todos los elementos que intervienen en la prestación del servicio. Actividades como las pruebas de los equipos, pruebas en las infraestructuras, ajustes de tiempos, capacitación de personal operativo, controles, etc. son revisadas antes de la puesta en operación comercial.

En esta importante etapa se pueden tomar previsiones y realizar ajustes necesarios en cada uno de los componentes del sistema.

En cuanto a la preparación de la operación, se deberá realizar la definición de intervalos por período horario para su respectivo cumplimiento. Como ejemplo para la Fase 1, teniendo en cuenta el perfil de demanda y los datos del diseño operacional, los intervalos que resultan para las rutas troncales y auxiliares del Sistema MIO son los presentados a continuación.

Tabla 27. Intervalos de las rutas troncales de la Fase 1 por período horario

Período horario	T1002 Int (min)	T4001 Int (min)	T4102 Int (min)	T7301 Int (min)
5:00 – 6:00	6.5	6.5	5.5	5.5
6:00 – 7:00	3.0	3.0	2.5	2.5
7:00 – 8:00	2.5	2.5	2.0	2.0
8:00 – 9:00	3.5	3.5	2.5	2.5
9:00 - 10:00	4.5	4.5	3.5	3.5
10:00 - 11:00	4.5	4.5	3.5	3.5
11:00 - 12:00	4.5	4.5	3.5	3.5
12:00 - 13:00	4.5	4.5	3.5	3.5
13:00 - 14:00	4.5	4.5	3.5	3.5
14:00 - 15:00	4.5	4.5	3.5	3.5
15:00 - 16:00	4.5	4.5	3.5	3.5
16:00 - 17:00	4.0	4.0	3.0	3.0
17:00 - 18:00	3.5	3.5	2.5	2.5
18:00 - 19:00	2.5	2.5	2.0	2.0
19:00 - 20:00	3.5	3.5	3.0	3.0
20:00 - 21:00	6.5	6.5	5.0	5.0
21:00 - 22:00	10.0	10.0	8.0	8.0
22:00 - 23:00	15.0	15.0	15.0	15.0

Tabla 28. Intervalos de las rutas pretroncales de la Fase 1 por período horario

Período horario	X1003 Int (min)	X1304 Int (min)	X3003 Int (min)	X3701 Int (min)	X4301 Int (min)
5:00 – 6:00	5.5	8.0	5.5	5.5	8.0
6:00 – 7:00	2.5	4.0	2.5	2.5	4.0
7:00 – 8:00	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0
8:00 - 9:00	2.5	4.0	2.5	2.5	4.0
9:00 - 10:00	3.5	5.0	3.5	3.5	5.0
10:00 - 11:00	3.5	5.5	3.5	3.5	5.5
11:00 - 12:00	3.5	5.5	3.5	3.5	5.5
12:00 - 13:00	3.5	5.5	3.5	3.5	5.5
13:00 - 14:00	3.5	5.5	3.5	3.5	5.5
14:00 - 15:00	3.5	5.5	3.5	3.5	5.5
15:00 - 16:00	3.5	5.5	3.5	3.5	5.5
16:00 - 17:00	3.0	5.0	3.0	3.0	5.0
17:00 - 18:00	2.5	4.0	2.5	2.5	4.0
18:00 - 19:00	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0
19:00 - 20:00	3.0	4.5	3.0	3.0	4.5
20:00 - 21:00	5.0	8.0	5.0	5.0	8.0
21:00 - 22:00	8.0	12.5	8.0	8.0	12.5
22:00 - 23:00	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0

- **Entrenamiento del Organismo de gestión**

Para una adecuada implantación, mitigación de impactos e imprevistos, mejoramiento de la capacidad de respuesta, entre otros, por la puesta en operación del Sistema MIO, el organismo de gestión deberá realizar un entrenamiento y capacitación a su equipo técnico, de preferencia en sistemas similares en operación (Transmilenio, Curitiba, Quito, Santiago de Chile, México DF). La importancia de este entrenamiento y capacitación es poder realizar prácticas en la planeación, control de operación así como las diferentes herramientas que están siendo usadas en estos sistemas. La estructura de personal que es necesaria para la puesta en marcha del Sistema, deberá estar conformada con suficiente anterioridad a esta etapa, con el fin de dar la preparación adecuada para afrontar las diferentes situaciones que se puedan presentar durante la operación.

Adicionalmente deberá contar con las herramientas adecuadas, previamente al inicio de la operación, como software de simulación de tránsito, software de manejo de estadísticas, software de sistemas de información geográfica SIG.

- **Mejoramiento para los usuarios con movilidad reducida**

Para mejorar la accesibilidad a los usuarios con movilidad reducida y dar cumplimiento a las políticas de movilidad de la ciudad, y teniendo en cuenta que los servicios troncales, prestados con autobuses articulados de plataforma alta a través de estaciones de parada y estaciones terminales son completamente accesibles, puede estudiarse una alternativa consistente de emplear servicios especiales mediante vehículos mas pequeños, especializados para el transporte de este tipo de usuario, con una distribución de estos vehículos en cada estación Terminal, para brindar el servicio en las cuencas alimentadoras, complementado en los servicios auxiliares con autobuses padrones adecuados, de tal manera que cada ruta auxiliar tenga al menos un autobús en servicio según la programación establecida para este tipo de usuarios.

Los microbuses especiales para las cuencas alimentadoras podrán tener rutas definidas según el censo de los usuarios con movilidad reducida y horarios debidamente programados. Dado el tamaño de las cuencas alimentadoras para las estimaciones iniciales se puede considerar un microbús por cuenca, lo que daría un total de 8 microbuses especiales sin considerar la flota de reserva. Para las rutas auxiliares, considerando al menos un recorrido cada hora de un vehículo especial, se tendría para las 20 rutas una flota estimada de 24 autobuses especiales sin considerar la flota de reserva. Este tipo de operación se utiliza en algunas ciudades de Brasil con vehículos como los que se muestran en las fotos siguientes.

Figura 17. Ejemplos de vehículos especiales para discapacitados



- **Pronóstico de demanda y ajuste de la flota**

El diseño operacional presentado en este documento corresponde a una demanda y niveles de servicio establecidos.

Esta dentro de las probabilidades que existan variaciones en el comportamiento de la demanda durante la vida útil del proyecto. En cuyo caso será necesario revisar el dimensionamiento de la oferta para realizar los ajustes, en procura de mantener un equilibrio entre la demanda y la oferta garantizando los niveles de calidad del servicio adecuados, sin que esto genere desequilibrio de la autosostenibilidad del Sistema MIO.

Es importante realizar auditoria periódica del comportamiento de las variables de demanda (matriz origen destino, estudios de velocidad de operación, estudios niveles de ocupación dentro de los autobuses y las estaciones, tiempos de ascenso – descenso), que permitan calibrar parámetros y retroalimentar la gestión del sistema.

- **Reorganización de rutas del sistema colectivo de Santiago de Cali**

Como parte de los insumos para el estudio de la reestructuración se recomienda aprovechar los datos existentes del Sistema MIO, tales como la matriz origen destino, esquema de rutas del SITM, incluidos en el banco de datos. Este proceso facilitará a futuro la consolidación de bancos de información únicos para la planeación de movilidad urbana de la ciudad.

Para realizar la reorganización de las rutas remanentes se debe respetar la premisa de que los sistemas, Masivo y Colectivo, son complementarios y no generar competencia en atención de los usuarios de la Ciudad.

Un vez se inicie el proceso de reorganización de las rutas remanentes, Metro Cali S.A. directamente o a través de los asesores, dará seguimiento a lo establecido en el convenio interinstitucional.

- **Riesgos del Sistema**

Desde el punto de vista operacional es conveniente analizar algunos de los posibles riesgos que pueden presentarse con la implementación del MIO; en este sentido, se hace una breve descripción de ellos así como de elementos que permitirían su mitigación:

- a. **Riesgo de Demanda:** Los estimativos del total de la demanda de viajes de transporte público colectivo de la ciudad de Cali se basan en los estudios realizados previamente<sup>29</sup>, en los que se estimaron un total de 960.000 viajes en transporte público colectivo en un día hábil en la ciudad; esta información fue debidamente validada con base en toma de información primaria, en especial con datos de frecuencia de paso y ocupación visual de rutas que operaban en la ciudad en su momento.

El total de viajes en transporte público colectivo estimado para la ciudad de Cali corresponde a cerca de un 50% de la población total, cifra consistente con lo observado en otras ciudades del país como Cartagena, Pereira y Bucaramanga; esta verificación general de la consistencia, sumada a los resultados del trabajo de construcción de la matriz O/D y de verificación en campo, ofrecen un buen nivel de confianza sobre el total de los viajes que se efectúan en transporte público colectivo y que son los potenciales usuarios del MIO.

Ahora bien, la cobertura del SITM se estima con base en una serie de supuestos, que deben mantenerse una vez entre en operación el Sistema; entre éstos son esenciales los siguientes:

- **Tarifa competitiva del Sistema:** Los ejercicios de modelación de transporte han sido realizados suponiendo una tarifa similar a la que se cobra en el transporte público colectivo en la actualidad; este nivel tarifario es importante mantenerlo a lo largo de la concesión, pues los usuarios de este tipo de sistemas son bastante sensibles a lo que se cobre; una tarifa que no contemple la capacidad de pago de sus usuarios, puede promover, de manera tácita, la aparición de nuevas alternativas de movilización, lo que podría reducir la demanda del Sistema y, por consiguiente, poner en riesgo su equilibrio financiero. Para el caso de Cali, la tarifa será

---

<sup>29</sup> Estudio de matriz de origen y destino en transporte público colectivo – Wagner Colombini / Noviembre de 2002 y Estructuración técnica, legal y financiera del Sistema elaborada por SCHROEDERS-CORFIVALLE.

especialmente crítica durante las Fases 1 y 2, en las que se mantenga la operación del transporte colectivo operando en la ciudad.

- Calidad del servicio: La demanda del sistema está asociada con la calidad del servicio que se ofrezca, en especial en aspectos tan sensibles como la frecuencia de buses por ruta y la velocidad de operación; en caso de que alguno de estos elementos sea afectado negativamente, sin consultar adecuadamente los requerimientos de la demanda, podría generarse una presión sobre el Sistema que podría afectar la demanda de viajes captada por el sistema, con las implicaciones sobre la estabilidad del SITM.
- Competencia del Transporte Público Colectivo: Durante las dos primeras Fases de operación del Sistema de la ciudad de Cali, un porcentaje importante de la demanda total de viajes será cubierta por el transporte público colectivo, que no se encuentra tarifariamente integrado al MIO. Esta coexistencia de modos supone una distribución de viajes entre ellos, que dependerá de aspectos como cobertura geográfica, tarifa y calidad del sistema. Para cumplir con los porcentajes de captación del SITM y sobre los cuales se ha estructurado su viabilidad financiera es fundamental la definición de cobertura para cada uno de ellos, evitando la competencia; esto requiere no solo una juiciosa planeación de la operación de ambos sistemas sino además un efectivo control de operación y cumplimiento, para lo cual deberá asegurarse una adecuada coordinación entre Metrocali y la Secretaría de Tránsito, durante las dos primeras fases de implementación del Sistema.

Ahora bien, no sobra destacar la conveniencia de que el tiempo total de implementación de todas las fases sea el más corto posible, de manera que los riesgos inherentes a la coexistencia de los modos pueda reducirse.

- b. Crecimiento de la demanda; El crecimiento de la demanda de viajes en transporte público colectivo está atado a diversos factores, destacándose entre éstos el crecimiento de la actividad productiva y el de la población. Para efectos del análisis financiero correspondiente, se sugiere utilizar una tasa de crecimiento anual del 1% del total de los viajes del SITM, sin incluir el incremento de cobertura al implementar una nueva fase de operación.
- c. Riesgo de Infraestructura. Parece obvio, pero debe mencionarse como un riesgo del sistema la existencia de la infraestructura requerida para su operación, en especial la troncal con sus respectivas estaciones de parada, los patios y talleres y las terminales de transferencia. Para un adecuado equilibrio del Sistema, la entrada en operación debe estar debidamente coordinada con la construcción y adecuación de la infraestructura.

Dentro de la evaluación de los riesgos, para la sensibilizar la entrada de la infraestructura se han elaborados 13 escenarios, los cuales consideran que la primera fase se implementa totalmente (**Escenario 1**), tal y como se ha dimensionado en este documento, y para las fases subsiguientes se plantean las siguientes alternativas:

Fase 2	Escenario 2	Considera para la Fase 2, la entrada única y exclusiva del Corredor de la Avenida 3N como Corredor Troncal con su respectiva cuenca de alimentación y estación terminal asociada (Sameco).
	Escenario 3	Considera para la Fase 2, la entrada única y exclusiva de los Corredores de la Avenida 3N y Agua Blanca como Corredores Troncales con su respectivas cuencas de alimentación y estaciones terminales asociadas (Sameco, Villahermosa y Aguablanca).
	Escenario 4	Considera para la Fase 2, la entrada única y exclusiva del Corredor de Aguablanca como Corredor Troncal con sus respectivas cuencas de alimentación y estaciones terminales asociadas (Villahermosa y Aguablanca).
	Escenario 5	Considera para la Fase 2, la entrada del Corredor de la Avenida 3N como Corredor Troncal con su respectiva cuenca de alimentación y estación terminal asociada (Sameco), además considera la entrada del Corredor de la calle 70 como Corredor pretroncal operado con buses padrones. No incluye estaciones de parada en la Calle 70, ni la estación terminal de Villahermosa.
	Escenario 6	Considera para la Fase 2, la entrada de los Corredores de la Avenida 3N y Agua Blanca como Corredores Troncales con su respectivas cuencas de alimentación y estaciones terminales asociadas (Sameco, Villahermosa y Aguablanca), además considera la entrada del Corredor de la calle 70 como Corredor pretroncal operado con buses padrones. No incluye estaciones de parada en la Calle 70. <i>Este escenario Corresponde al Escenario de Fase 2 planteado en el Documento Técnico.</i>
	Escenario 7	Considera para la Fase 2, la entrada del Corredor de Aguablanca como Corredor Troncal con su respectivas cuencas de alimentación y estacines terminales asociadas (Villahermosa y Aguablanca), además considera la entrada del Corredor de la calle 70 como Corredor pretroncal operado con buses padrones. No incluye estaciones de parada en la Calle 70, ni la estación terminal de Sameco.
	Fase 3	Escenario 8
Escenario 9		la calle 70 como Corredor Troncal. Incluye estaciones de parada en la Calle 70. <i>Este escenario Corresponde al Escenario de Fase 3 planteado en el Documento Técnico.</i>

	Escenario 10	Considera para la Fase 2, la entrada única y exclusiva del Corredor de Aguablanca como Corredor Troncal con sus respectivas cuencas de alimentación y estaciones terminales asociadas (Villahermosa y Aguablanca). Para la Fase 3 considera la entrada del Corredor de la calle 70 como Corredor Troncal. Incluye estaciones de parada en la Calle 70. No incluye la estación terminal de Sameco.
Fase 2	Escenario 11	Corresponde al Escenario 2 evaluado excluyendo la Estación Terminal de Guadalupe con sus respectivos servicios alimentadores y auxiliares.
	Escenario 12	Corresponde al Escenario 3 evaluado excluyendo la Estación Terminal de Guadalupe con sus respectivos servicios alimentadores y auxiliares.
	Escenario 13	Corresponde al Escenario 4 evaluado excluyendo la Estación Terminal de Guadalupe con sus respectivos servicios alimentadores y auxiliares.

	Escenario Nro	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E21	E31	E41
ARTICULADOS	Flota Operac	81	111	172	142	111	172	142	135	196	166	111	172	142
	RPD (km)	19131,049	26178,674	39905,27	32857,644	26178,442	39905,038	32857,412	31699,442	45426,038	38378,412	26178,674	39905,27	32857,644
PADRON	Flota Operac	227	378	519	519	407	548	548	470	548	548	327	468	468
	RPD (km)	41773,236	69615,055	95146,377	95146,377	75638,055	101169,38	101169,38	87148,946	101169,38	101169,38	59967,931	85499,253	85499,253
COMPLEMENTARIO	Flota Operac	143	171	193	180	171	193	180	183	193	180	161	183	170
	RPD (km)	23383,059	29005,48	33263,978	31233,954	29005,48	33263,978	31233,954	31179,747	33263,978	31233,954	26503,229	30761,726	28731,702
DEMANDA	Pas/día pagos	374841	616879	869937	796886	694806	947864	874813	760814	959205	886155	546487	799544	726494

	Flota			RPD			Demanda
	Art.	Pad.	Com.	Art.	Pad.	Com.	Pasajeros pagos/día
F1 = E-1 Fase 1	81	227	143	19.131	41.773	23.383	374.841
F2 = E-2 Av 3 N	111	378	171	26.179	69.615	29.005	616.879
F2 = E-3 Av 3 N+Aguablanca	172	519	193	39.905	95.146	33.264	869.937
F2 = E-4 Aguablanca	142	519	180	32.858	95.146	31.234	796.886
F2 = E-5 Av 3 N + C70 con padrón	111	407	171	26.178	75.638	29.005	694.806
F2 = E-6 Av 3 N+Aguablanca + C70 con padrón (igual a Fase 2 del documento)	172	548	193	39.905	101.169	33.264	947.864
F2 = E-7 Aguablanca + C70 con padrón	142	548	180	32.857	101.169	31.234	874.813
F3 = E-8 Av 3 N + C70 con articulado	135	470	183	31.699	87.149	31.180	760.814
F3 = E-9 Av 3 N+Aguablanca + C70 con articulado (igual a Fase 3 del documento)	196	548	193	45.426	101.169	33.264	959.205
F3 = E-10 Aguablanca + C70 con articulado	166	548	180	38.378	101.169	31.234	886.155
F2 = E21 Av 3 N sin Guadalupe	111	327	161	26.179	59.968	26.503	546.487
F2 = E31 Av 3 N+Aguablanca sin Guadalupe	172	468	183	39.905	85.499	30.762	799.544
F2 = E41 Aguablanca sin Guadalupe	142	468	170	32.858	85.499	28.732	726.494

Para efectos de la evaluación, estos escenarios son tomados de los resultados de la modelación de la fase tres, es decir, que las cifras presentadas para la fase 1, 2 y 3, correspondientes a los escenarios E-1, E-6 y E-9 respectivamente tienen alguna variación menor y se deberán considerar los resultados de la modelación específica de los mismos presentados en el capítulo 4 de este documento.

La combinación de escenarios será de la siguiente forma:

Para la fase uno, como se indicó anteriormente, se deben considerar las cifras de las Tablas 7 y 8.

Se preveen 9 alternativas para la fase 2, y tres alternativas para la fase 3, considerando siempre que los resultados son valores acumulados en la fase una vez sea implementada.

- d. Riesgo de Operación; igualmente es necesario contar con los sistemas de comunicación y control completos y debidamente probados al momento de entrada en operación del Sistema.
- e. Riesgo de capacidad y coordinación institucional. Uno de los riesgos o requisitos más importantes para la adecuada operación del MIO está en la capacidad institucional de los entes encargados de funciones asociadas con ella; en especial Metro Cali S.A. y la Secretaría de Tránsito. de su capacidad técnica y coordinación dependerá en buena medida el éxito del Sistema. En este sentido, es importante contar con la capacidad de responder adecuadamente a la evolución de la ciudad y a las necesidades de movilización de los usuarios a lo largo de la vida de la concesión; ello implica contar con la capacidad técnica suficiente para concebir nuevos servicios o ajustar los existentes; con la capacidad para prever y diseñar fases posteriores del sistema.

- **Elementos para mitigar los riesgos**

Para disminuir o anular el efecto de los riesgos mencionados anteriormente se señalan algunos elementos que deben ser tenidos en cuenta y, por consiguiente, implementados:

- a. **Gradualidad de la Operación:** El Sistema ha sido concebido para entrar en operación en tres fases, con un año de diferencia entre ellas; igualmente se prevé la existencia de varios operadores<sup>30</sup> desde la primera fase la operación. La gradualidad en la entrada en operación del Sistema permite realizar ajustes, a la fase subsiguientes, las dos primeras fases se estima que puedan hacerlo con un año de diferencia; de esta forma se contará con un tiempo de operación con la certeza de entrada de las dos primeras fases, por lo cual será posible realizar ajustes esta gradualidad de operación. El diseño operacional, por medio del cual se han estimado los requerimientos de flota ha sido concebido de tal forma que le permitirá una gran flexibilidad para mantener holguras en los esquemas funcionales.
- b. **Estructura de la Concesión:** La Concesión de la operación ha sido estructurada de forma tal que existen 5 operadores privados que operarán tanto rutas troncales, como auxiliares y alimentadoras, sin exclusividad geográfica; esta estructura, más exigente desde el punto de vista de la programación, permite efectuar ajustes para adecuar operativamente el Sistema, evitando desequilibrios entre Troncales y alimentadores, como los que se presentaron en la primera Fase de Transmilenio.
- c. **Dimensionamiento del Sistema:** Los requerimientos de flota del Sistema han sido hechos con la información de la matriz de viajes del 2002 y con una ocupación de los buses inferior a su capacidad máxima; así, es probable que la demanda en el momento de entrar a operar el SITM sea mayor, lo que generaría mayores ingresos y la operación podría ser atendida

---

<sup>30</sup> Se han previsto 5 operadores para la operación de los buses del MIO.

con la flota sugerida, con una mayor cantidad de pasajeros por bus a la capacidad de diseño. Con un adecuado seguimiento y, de ser necesario, podrán incrementarse los requerimientos de flota manteniendo un adecuado equilibrio financiero.

- d. **Flexibilidad del Sistema:** El sistema debe mantener la flexibilidad con la que ha sido configurado y dimensionado. Así, operativamente y de acuerdo con las necesidades de operación debe ser posible extender, acortar o implementar nuevos servicios, diseñar nuevas rutas o modificarlas. Esta flexibilidad sólo es posible en la medida en que Metrocali efectúe un seguimiento juicioso de la operación del Sistema y consulte sistemáticamente a sus usuarios.
- e. **Capacidad Institucional:** El éxito del sistema dependerá en buena medida de la Capacidad Institucional de las entidades que inciden en su operación, en especial de Metrocali; ésta deberá contar con la capacidad técnica y los recursos suficientes para controlar el sistema y concebir nuevas opciones que permitan mejorar su operación. Igualmente debe concebir los mecanismos que le permitan contractualmente incrementar servicios o vehículos para mejorar la operación del sistema.

- **Integración de otros sistemas**

Considerando el actual Sistema de Transporte de ladera, que se brinda para la ciudad de Cali, de acuerdo con el Anexo 6, se tiene que la alternativa adoptada es la mas conveniente para las partes, llegando a la integración de manera tarifaria. Adicionalmente la integración con los servicios intermunicipales debe ser estudiada, aprovechando la puesta en operación para permitir el mejor esquema de integración.

Metro Cali S.A. deberá tener presente que los sistemas deben ser autosostenibles, para ello deberá tener el modelo financiero que proyecte cualquier alternativa.