Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

Secretaría Distrital de Movilidad

Empresa de Transporte del Tercer Milenio – Transmilenio S.A.

Anexo 16

Términos de Referencia para la Infraestructura de Recarga Eléctrica

Licitación Pública - TMSA - LP - 09 - 2024

EMPRESA DE TRANSPORTE DEL TERCER MILENIO TRANSMILENIO S.A

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 3

2 ALCANCE 3

3 TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA ELÉCTRICA 3

3.1 Distribución horaria de la demanda – día hábil 4

3.2 Velocidad comercial 7

3.3 Autonomía mínima de referencia 8

4 REQUERIMIENTOS DEL ESQUEMA OPERACIONAL 9

4.1 Escenario de análisis 1 9

4.2 Escenario de análisis 2 11

5 REQUERIMIENTOS ASOCIADOS A LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA ELÉCTRICA 13

1 INTRODUCCIÓN

La operación troncal de la Flota corresponderá a las rutas que Transmilenio determine que sean necesarias para atender la demanda de viajes de los usuarios de la ciudad de Bogotá D.C. y de Soacha. Estas rutas de operación troncal se prestarán con vehículos de las tipologías articulados y biarticulados. La asignación de las tipologías a las rutas será potestad de Transmilenio como Ente Gestor del Sistema y en concordancia con la capacidad y disponibilidad de la infraestructura en el área de operación de este. Los cambios en las tipologías de las rutas, así como los ajustes en la programación operativa, se regirán por lo establecido en el Manual de Operaciones del Componente Troncal.

La cantidad de Flota aplicable al Proyecto son 157 articulados de Tecnología Eléctrica (incluye la Flota de Reserva) y 112 biarticulados (incluye la Flota de Reserva) de Tecnología Eléctrica, lo que corresponde a 149 articulados y 106 biarticulados como Flota Operativa, los cuales deberán participar en la distribución del kilometraje que resulte del diseño operacional del componente BRT, por tipología, en función de las necesidades de oferta, para satisfacer la demanda de la ciudad de Bogotá y su área de influencia, incluido el municipio de Soacha.

2 ALCANCE

A partir de la dinámica propia de la programación y de la operación troncal, el presente documento tiene como propósito la identificación de aquellos elementos de la operación que son relevantes y que pueden incidir en la solución de aspectos claves en el desarrollo de los procesos de diseño y dimensionamiento de la Infraestructura de Recarga Eléctrica en la Infraestructura de Soporte a cargo del Concesionario de Provisión, y que soportará la Flota; tales como, la identificación de ventanas de tiempo para realizar la recarga completa o parcial de la Flota y periodos de operación críticos en los cuales deberá estar disponible la flota para su operación en el Sistema.

A partir de los presentes Términos de Referencia, se proponen pautas que deberán considerarse en el diseño de la Infraestructura de Recarga Eléctrica, para garantizar la disponibilidad de Flota y que la misma pueda ajustarse a las condiciones de operación actuales y a los cambios que puedan darse a futuro por la variación en el comportamiento de la demanda que atiende el Sistema.

3 TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA ELÉCTRICA

Transmilenio, en concordancia con los términos establecidos en el Manual de Operaciones del Componente Troncal en su numeral 7, y como se indicó en la introducción al presente documento, realizará la programación operativa del Sistema, teniendo en cuenta la demanda de viajes total del Sistema, el nivel de servicio, los parámetros de programación definidos y las necesidades propias de la operación. Para ello, se establecerán condiciones técnicas específicas, tales como tiempos de recorrido de las rutas, nivel de servicio al usuario (intervalos de despacho), tiempos de desplazamiento en vacío, capacidades de los patios del Sistema, entre otros.

Por tanto, el Operador Designado por Transmilenio participará en el proceso de distribución por cada nuevo Informe de Planificación Horaria (IPH) que envíe Transmilenio, asumiendo el número de despachos y los kilómetros que le conciernan según la participación que le corresponde, tal como se establece en el Manual de Operaciones del Componente Troncal en su numeral 7.1.13. *"Selección distribución de servicios entre Concesionarios",* y garantizará su participación de acuerdo con la Flota Operativa en cada una de las tipologías de Bus con las que cuenta (articulado y biarticulado).

Así mismo, Transmilenio evalúa las propuestas recibidas y se confirmará la propuesta que tenga el menor delta de la suma en las diferencias entre el kilometraje comercial teórico distribuido y el kilometraje comercial real distribuido, de acuerdo con la cantidad de Flota Operativa de cada operador troncal y que cumplan con el kilometraje comercial programado.

Dado que el proceso de distribución de servicios entre los concesionarios de operación troncal corresponde a un proceso de acuerdo entre ellos, Transmilenio, como ente gestor, revisará y aprobará la o las distribuciones resultantes de cada IPH generado. Los acuerdos que los Concesionarios realicen estarán fuera de la revisión y/o aprobación de Transmilenio.

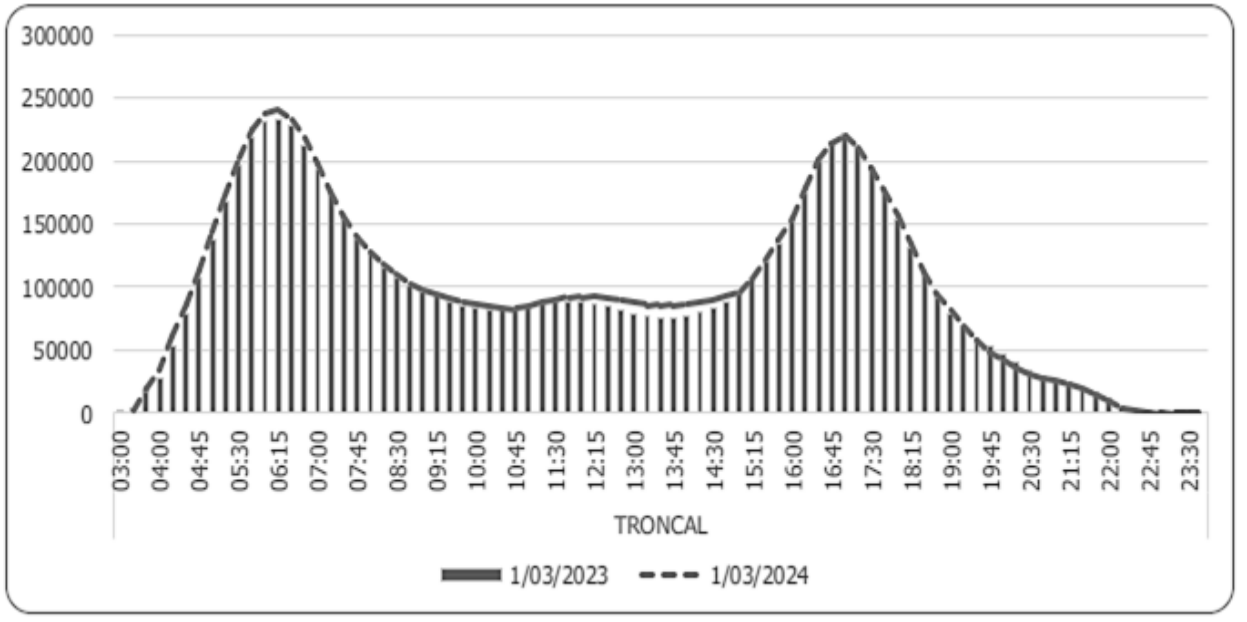
Para la adecuada gestión de flota, es necesario que los concesionarios tengan conocimiento y desarrollen su labor a partir de los requerimientos esenciales del Sistema en aspectos que, por supuesto, también condicionan y rigen los procesos de programación de servicio que adelanta Transmilenio.

3.1 Distribución horaria de la demanda – día hábil

Los días hábiles de cada semana (lunes a viernes), fechas en la cuales el Sistema recibe la mayor demanda de usuarios, comparado con los días sábado y festivo, se caracterizan por el comportamiento ilustrado en la gráfica. Este comportamiento es típico de la operación del Sistema en su Componente Troncal y evidencia claramente la dinámica de la demanda de viajes durante los

días hábiles, con dos periodos pico claramente definidos: uno en la mañana (Pico AM) y otro en la tarde (Pico PM).

Gráfico 1. Comparativo de validaciones día hábil por cuarto de hora (Promedio móvil) (marzo 2023 – marzo 2024)

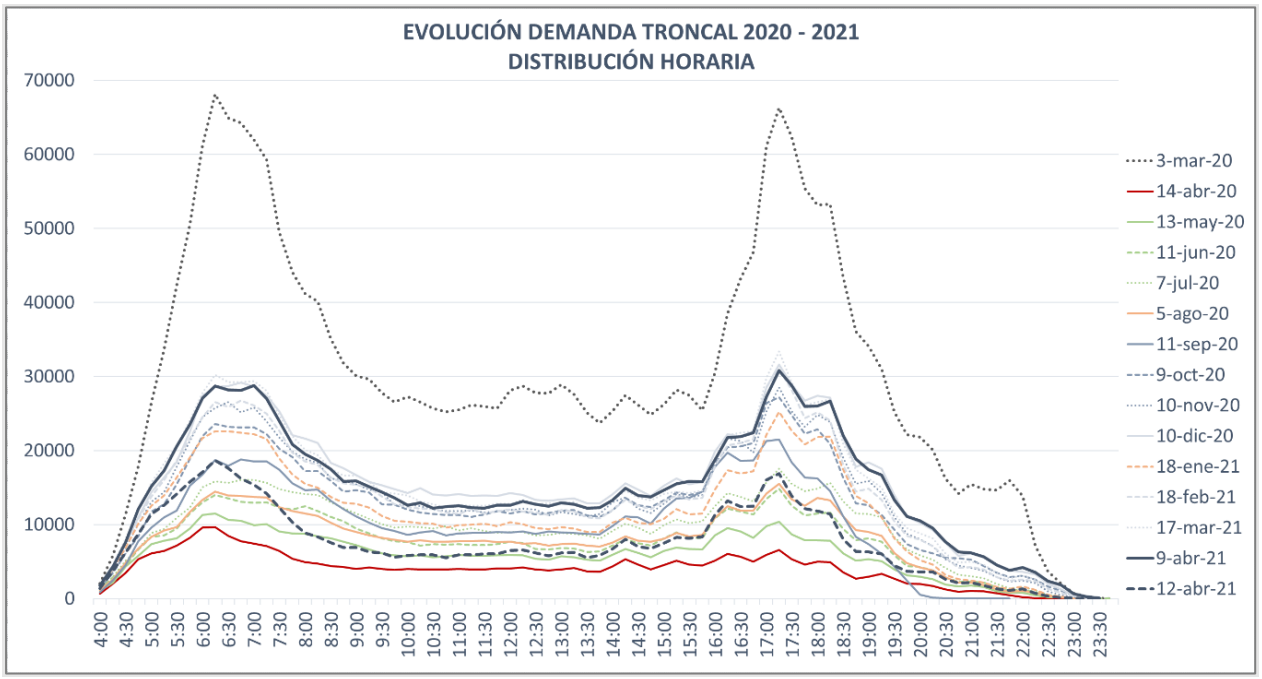


Fuente: Transmilenio

Desde las 3:00 horas se observa un comportamiento incremental hasta llegar a la hora de máxima demanda de la mañana (lo cual generalmente ocurre entre las 5:00 y las 8:00 horas). Luego se observa un descenso progresivo en la demanda de viajes que lleva a un periodo valle que generalmente se mantiene entre las 9:00 horas y las 16:00 horas. Avanzada la tarde, se observa un comportamiento ascendente y progresivo de la demanda de usuarios que da lugar al periodo de máxima demanda de la tarde (la hora de mayor demanda en la tarde generalmente ocurre entre las 17:00 y las 19:00 horas).

Los periodos pico AM y PM están tan marcados en el comportamiento de la demanda que, incluso durante la emergencia sanitaria derivada de la presencia del virus COVID-19, son fácilmente apreciables.

Gráfico 2. Evolución demanda Troncal 2020 – 2021



Fuente: Elaboración propia DTBRT

Los periodos pico en los Días Hábiles, corresponden a periodos claramente identificables en el comportamiento de la demanda diaria del Sistema, son periodos de mayor concentración de la demanda, en los que se requiere programar la oferta con la mayor parte de la Flota o con la totalidad de esta.

De esta manera, los periodos pico del día enmarcan y dan lugar a los periodos valle, que corresponden a franjas del día, antes y después de los periodos pico, cuando la demanda de usuarios baja en relación con la demanda de los periodos pico.

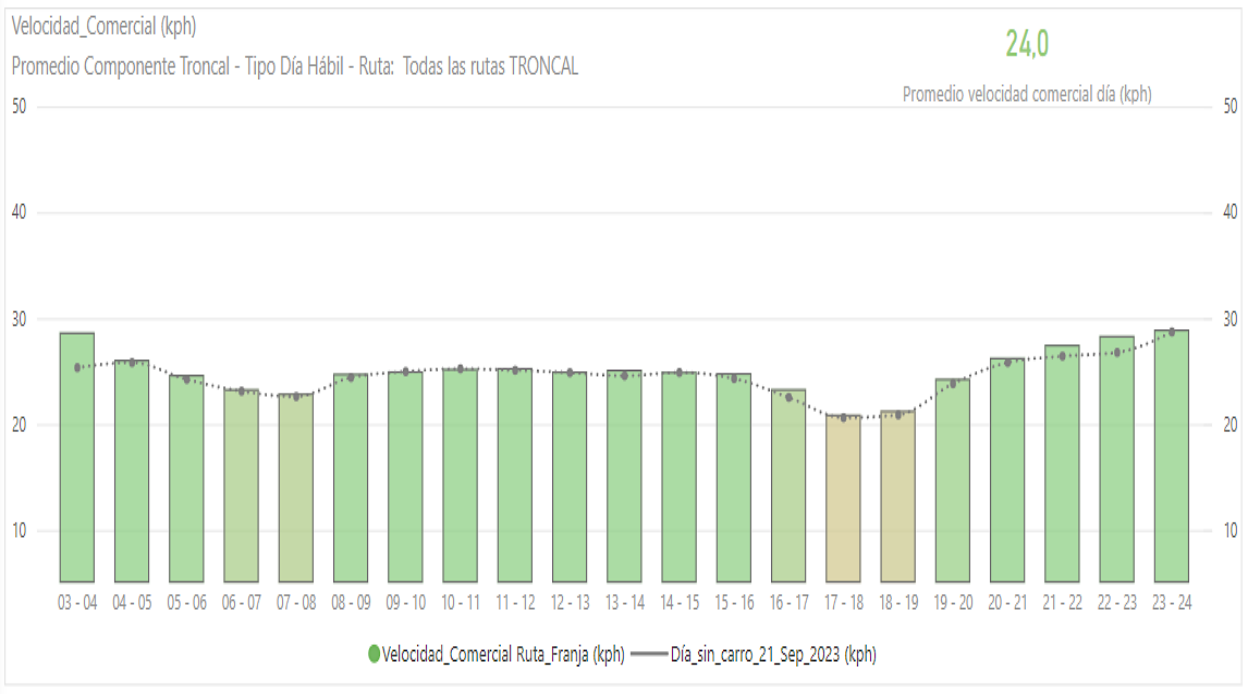
Para cubrir adecuadamente la oferta de servicios, en condiciones normales, el esquema operacional del Sistema exige que se programe y esté disponible el 100% de la Flota Operativa. En condiciones atípicas en las que disminuye la demanda, debe estar disponible el 100% de la Flota que sea programada para cubrir los periodos pico. En condiciones atípicas en las que aumenta la demanda, debe estar disponible el 100% de la Flota Operativa para programarla y operarla en los periodos pico, incluso en los casos en que sea necesario extender por más tiempo la oferta programada para los periodos pico (pasando de 3 a 4 horas); esto ocurre cuando se requiere operar con una oferta mayor a la capacidad del Sistema (en ocasiones como el día sin carro y sin moto).

3.2 Velocidad comercial

La velocidad es una variable o atributo de la operación que refleja o describe el comportamiento del servicio. A la vez, es un factor determinante para la seguridad y eficiencia del Sistema, y como tal, se emplea como parámetro para evaluar la competitividad. Por esta razón, se cuenta con diferentes metodologías para calcular la velocidad; la elección de metodología depende de la finalidad para la cual se emplearán estos datos.

A partir de los registros de tiempos de viaje y longitudes de las rutas disponibles en el Sistema, se calcula la velocidad comercial, lo que incluye los tiempos de desplazamiento, tiempos de espera, paradas o detenciones durante el recorrido.

Gráfico 3. Promedio Componente Troncal



Fuente: Elaboración propia DTBRT

Tabla 1. Velocidad Promedio Componente Troncal – Tipo Día Hábil

Año	Velocidad_Comercial Histórica (kph)
2020	24,6
2021	23,3
2022	24,0
2023	24,1
Total	**24,1**

Fuente: Elaboración propia DTBRT

El promedio de la velocidad comercial a nivel de Sistema muestra un comportamiento alrededor de los 24 km/hora. No obstante, se observan casos como el servicio BK16, el cual opera en tres troncales que se caracterizan por buenos comportamientos en materia de velocidad y baja congestión, en este servicio se han observados velocidades comerciales de hasta 33 km/hora.

3.3 Autonomía mínima de referencia

La Flota deberá poseer una Autonomía mínima de referencia de 280 Km al final de la vida útil de las baterías de alta tensión. La Autonomía de un vehículo eléctrico puro (EV o BEV, por sus siglas en inglés) se define como la distancia total que un vehículo puede recorrer con una sola carga de su batería (bajo las indicaciones de utilización de capacidad de la batería definidos por el fabricante), bajo condiciones específicas de operación.

Para garantizar la integración de la Flota en la programación y operación en conjunto con la demás flota troncal disponible en el Sistema TransMilenio, el Operador Designado por Transmilenio deberá gestionar y optimizar los resultados de los procesos de recarga de la Flota, maximizar el aprovechamiento de la disponibilidad de puntos de recarga que le sean entregados, buscar eficiencias en los despachos que asumirá y optimizar su participación en la distribución de despachos en el marco del proceso de programación; de igual manera, deberá optimizar la asignación de la Flota a los servicios (despachos) programados que le corresponda cubrir.

Para ello, el Concesionario de Provisión deberá diseñar e implementar la Infraestructura de Recarga Eléctrica que atienda los requerimientos del Sistema TransMilenio en cuanto a disponibilidad de Flota, considerando principalmente la Infraestructura de Soporte definida en el Anexo 6 del Contrato de Concesión de Provisión, Especificaciones de la Infraestructura de Recarga Eléctrica y Edificaciones para Usos Conexos.

También, el Concesionario de Provisión y/o el Operador Designado por Transmilenio, podrán evaluar la pertinencia, la factibilidad y la necesidad de adecuar y habilitar puntos de recarga adicionales a los contemplados en la Infraestructura de Soporte que le será entregada, en otros patios del Sistema; para ello, los Contratos de Concesión viabilizan y permiten la celebración de acuerdos con los concesionarios de operación que están a cargo de los demás patios del Sistema; todo ello, en el marco de los Contratos de Concesión y bajo su propia cuenta y riesgo.

Con estos procesos, el Concesionario de Provisión y el Operador Designado por Transmilenio deberán compensar las limitaciones de autonomía y cubrir la totalidad de los despachos y kilómetros programados que, por distribución, le correspondan al Operador Designado por Transmilenio.

En tal sentido, Transmilenio no reconocerá mayores costos o costos diferentes a los definidos para la remuneración, en los que incurran los concesionarios para cumplir con sus obligaciones en la operación; tales como, pero sin limitarse a kilómetros en vacío adicionales a los programados por Transmilenio, mayores costos en tarifas de energía, mantenimientos asociados a puntos adicionales de recarga implementados, entre otros.

4 REQUERIMIENTOS DEL ESQUEMA OPERACIONAL

Con el propósito de establecer los requerimientos mínimos que deben cumplirse para garantizar la disponibilidad de Flota y que la misma pueda ajustarse a las condiciones de operación actuales y a los cambios que puedan darse a futuro por la variación en el comportamiento de la demanda que atiende el Sistema; se plantearon los siguiente análisis y escenarios críticos a los cuales tendría que responder la Flota y la Infraestructura de Recarga Eléctrica, en dado caso que ello fuese necesario:

4.1 Escenario de análisis 1

El escenario de análisis 1considera que todos los buses del lote de Flota operan durante el día con la velocidad comercial promedio (24 km/hora); el 100% de los de la flota operativa opera durante las cuatro (4) horas pico en la mañana y también debe opera durante las cuatro (4) horas pico en la tarde; en cada hora del periodo valle, franjas del día cuando la demanda de usuarios baja en relación con la demanda de los periodos pico, debe opera mínimo el 40% de los buses de la Flota Operativa.

En el escenario de análisis 1, con una velocidad comercial constante de 24 km/hora (el promedio observado), el bus 1: opera cuatro (4) horas en el Pico AM y ejecuta 96 km (comerciales y vacíos); enseguida, en la hora valle, opera por otras cinco (5) horas y recorre 120 km (comerciales y vacíos); luego tiene una ventana de tres (3) horas para recargar batería y estar listo para el pico de la tarde; en el periodo pico de la tarde opera durante cuatro (4) horas y recorre 96 km (comerciales y vacíos); en seguida, opera por otras cuatro (4) horas más hasta la finalización de operaciones y recorre 96 km (comerciales y vacíos); luego, en la madrugada del siguiente día, tiene una ventana de cuatro (4) horas para recargar nuevamente. En total, este bus recorre en el día 408 km, opera diecisiete (17) horas y, además de la recarga nocturna, realiza una recarga en el periodo valle diurno.

Tabla 2. Escenario de análisis 1

H inicio	Hora fin	Velocidad Comercial Pro	B1	B2	B3
0	1	-			
1	2	-			
2	3	-			
3	4	24		12	12
4	5	24	24	36	36
5	6	24	48	60	60
6	7	24	72	84	84
7	8	24	96	108	108
8	9	24	120	120	120
9	10	24	144		
10	11	24	168		
11	12	24	192		
12	13	24	216	12	
13	14	24		36	
14	15	24		60	
15	16	24		84	12
16	17	24	24	108	36
17	18	24	48	132	60
18	19	24	72	156	84
19	20	24	96	180	108
20	21	24	120	192	120
21	22	24	144		
22	23	24	168		
23	24	24	192		

H inicio	Hora fin	Velocidad Comercial Pro	B1	B2	B3
Total, kilómetros		504	408	312	240

Fuente: Elaboración propia DTBRT

4.2 Escenario de análisis 2

En el escenario de análisis 2 (el de mayor criticidad), con una velocidad comercial constante de 33 km/hora (la máxima observada), el bus 1: opera (4) horas en el Pico AM y ejecuta 132 km (comerciales y vacíos); en seguida, en la hora valle, opera por otras cinco (5) horas y recorre 148 km (comerciales y vacíos); luego tiene una ventana de tres (3) horas para recargar batería y estar listo para el pico de la tarde; en el periodo pico de la tarde opera durante cuatro (4) horas y recorre 132 km (comerciales y vacíos); en seguida, opera por otras cuatro (4) horas más hasta la finalización de operaciones y recorre 132 km (comerciales y vacíos); luego, en la madrugada del siguiente día, tiene una ventana de cuatro (4) horas para recargar nuevamente. En total, este bus recorre en el día 544 km, opera diecisiete (17) horas y, además de la recarga nocturna, realiza una recarga en el periodo valle diurno.

Tabla 3. Escenario de análisis 2

H inicio	Hora fin	Velocidad Comercial Máx	B1	B2	B3
0	1	-			
1	2	-			
2	3	-			
3	4	33		16,5	16,5
4	5	33	33	49,5	49,5
5	6	33	66	82,5	82,5
6	7	33	99	115,5	115,5
7	8	33	132	148,5	148,5
8	9	33	165	165	165
9	10	33	198		
10	11	33	231		
11	12	33	264		
12	13	33	280	16,5	
13	14	33		49,5	

H inicio	Hora fin	Velocidad Comercial Máx	B1	B2	B3
14	15	33		82,5	
15	16	33		115,5	16,5
16	17	33	33	148,5	49,5
17	18	33	66	181,5	82,5
18	19	33	99	214,5	115,5
19	20	33	132	247,5	148,5
20	21	33	165	264	165
21	22	33	198		
22	23	33	231		
23	24	33	264		
Total, kilómetros		**693**	**544**	**429**	**330**

Fuente: Elaboración propia DRBRT

En los dos escenarios, el bus 2 también opera durante las cuatro (4) horas del pico AM y las (4) horas del pico PM. En las horas valle; del medio día, en la apertura y cierre de operación, este bus opera de manera complementaria en los periodos en los que el bus 1 debe salir de operación para abastecerse. Al final de la jornada, en los dos escenarios, el bus 2 cuenta con una ventana de hasta siete (7) horas para recargar nuevamente (de las 20:30 a las 3:30 horas del siguiente día). El bus 2 en el escenario 1 realiza máximo 312 kilómetros en el día, en el escenario 2 realiza hasta 429 km en el día y en los dos escenarios opera durante máximo trece (13) horas del día; incluso, se contempla que la rutina incluye 0,5 horas adicionales antes y después de los periodos pico, las cuales pueden destinarse al posicionamiento de los vehículos y/o al inicio de los recorridos comerciales.

En los dos escenarios, se considera el bus 3, para aquellos casos en los que los buses realizan despachos de refuerzo únicamente en los periodos pico de operación del Sistema. Estos buses también opera durante las cuatro (4) horas del pico AM y las cuatro (4) horas del pico PM. También, se contempla que la rutina incluye 0,5 horas adicionales antes y después de los periodos pico, las cuales pueden destinarse al posicionamiento de los vehículos y/o al inicio de los recorridos comerciales. Al final de la jornada, en los dos escenarios, el bus 3 cuenta con una ventana de hasta siete (7) horas para recargar nuevamente (de las 20:30 a las 3:30 horas del siguiente día). El bus 3 en el escenario 1 realiza máximo 240 kilómetros en el día, en el escenario 2 realiza hasta 330km en el día y en los dos escenarios opera durante máximo diez (10) horas del día.

Respecto de la distribución de los buses en las rutinas, uno de los escenarios críticos modelados corresponde a una operación con velocidad comercial promedio de 24 km/h, en la cual el 40% de la flota se asigna a la rutina B1, otro 40% a la rutina B2, y el 20% restante a la rutina B3. Esta distribución es válida tanto para buses articulados como biarticulados.

Estos escenarios, planteados con las consideraciones de mayor criticidad para el Sistema, permiten identificar y proponer los requerimientos operativos con los que tendría que cumplir la Infraestructura de Recarga Eléctrica para soportar la operación de la Flota.

Nota: Los escenarios contemplados en el presente documento tienen carácter meramente referencial y se emplean exclusivamente para efectos de establecer los requerimientos operacionales vinculados al dimensionamiento de la infraestructura de recarga. En tal sentido, no constituyen ni deben interpretarse como una proyección de kilometraje o de oferta que genere obligaciones, compromisos o vinculaciones jurídicas para TMSA.

5 REQUERIMIENTOS ASOCIADOS A LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA ELÉCTRICA

Para garantizar la disponibilidad de Flota y que la misma pueda ajustarse a las condiciones de operación actuales y a los cambios que puedan darse a futuro por la variación en el comportamiento de la demanda que atiende el Sistema, es necesario que la Infraestructura de Recarga Eléctrica, además de las especificaciones contenidas en el Anexo 6 del Contrato de Concesión de Provisión, Especificaciones de la Infraestructura de Recarga Eléctrica y Edificaciones para Usos Conexos, atienda a las siguientes especificaciones complementarias de cara a estos Términos de Referencia:

- La Infraestructura de Recarga Eléctrica debe considerar desde la etapa de diseño que cada bus estará disponible como máximo tres (3) horas consecutivas en los periodos valle de la jornada diurna para efectuar procesos de recarga.

- Durante el día, en horario diurno, la Infraestructura de Recarga Eléctrica tendrá una ventana de mínimo seis (6) horas en las que podrá alternar la Flota para realizar los procesos de recarga. En este periodo deberá garantizar el abastecimiento energético de todos los Buses que lo requieran, bien sea porque están al límite de su Autonomía (batería baja) o porque, a pesar de contar con un remanente, requieren recargar batería para tener suficiente energía para operar en la siguiente jornada. En el día, la recarga de la Flota debe realizarse de manera no simultanea; no pueden estar todos los Buses cargando al mismo tiempo; durante este

periodo, debe garantizarse que en todo momento esté disponible para el servicio, como mínimo, el 50% de Flota Operativa de cada tipología.

- La Infraestructura de Recarga Eléctrica debe garantizar que el 100% de los buses de la Flota Operativa estén disponibles para el servicio por cuatro (4) horas en la mañana (para la operación pico am) y por 4 horas en la tarde (para la operación pico pm); periodos pico para la operación. El 100% de la Flota Operativa deben estar disponible para la operación en estos periodos.

- En horario nocturno, la Infraestructura de Recarga Eléctrica tendrá una ventana de mínimo siete (7) horas en las que podrá alternar la Flota para realizar los procesos de recarga, en este periodo deberá garantizar el abastecimiento energético de todos los Buses que lo requieran, bien sea porque están al límite de su Autonomía (batería baja) o porque, a pesar de contar con un remanente, requieren recargar batería para tener suficiente energía para operar en la siguiente jornada. En la noche, los Buses estarán disponibles para recarga por periodos continuos que van desde cuatro (4) horas hasta siete (7) horas.

- Frente a las posibles ampliaciones de operación de horario en la noche, incluso en escenarios de operación veinticuatro (24) horas, debe garantizarse que en todo momento del horario nocturno esté disponible para el servicio, como mínimo, el 25% de Flota Operativa de cada tipología.

Para garantizar la disponibilidad en los anteriores términos, la Infraestructura de Recarga Eléctrica debe contar con todos los elementos, cargadores, dispensadores, mangueras, que maximicen la función de la carga entregada por Transmilenio para la carga de la Flota considerando las Pérdidas de Energía que pueda presentar la Infraestructura de Recarga Eléctrica y el cumplimiento de Niveles de Servicio.

Como valores de referencia, la Infraestructura de Recarga Eléctrica, instalada en su totalidad, debe estar en la posibilidad de poner en servicio, con carga completa (batería al 100% de la capacidad total, independientemente del valor inicial antes de iniciar la recarga), mínimo a quince (15) buses biarticulados/hora y a veinte (20) buses articulados/hora, o su equivalente, a cuarenta y cinco (45) buses biarticulados cada tres (3) horas y sesenta (60) Buses Articulados cada tres (3) horas.