



Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
Secretaría Distrital de Movilidad.
Empresa de Transporte del Tercer Milenio – Transmilenio S.A.

Contrato de Concesión de Provisión No. 1545 de 2026 - Anexo 3

Especificaciones Técnicas del ITS No SIRCI

Tabla de Contenido

1.	DEFINICIONES	4
2.	INTRODUCCIÓN.....	16
2.1	Diferencias entre el ITS No SIRCI y el sistema SIRCI	16
2.2	Sistemas del ITS No SIRCI.....	17
3.	PLAN MAESTRO DE IMPLEMENTACIÓN (PMI).....	18
3.1	Metodología en V	18
3.2	Documentación del PMI.....	25
3.3	Procedimiento de verificación del PMI.....	31
3.4	Presentación e inspección de los prototipos del ITS No SIRCI	33
3.5	Entrega y verificación del inventario y funcionalidades en la Flota	35
3.6	Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.....	36
4.	SISTEMAS QUE COMPONEN EL ITS NO SIRCI Y SU INTEGRACIÓN CON EL CDEG	36
4.1	El Sistema Tecnológico de Seguridad (STS).....	37
4.2	El Sistema Inteligente de Gestión de la Operación (SIGO)	52
4.3	El Subsistema de Monitoreo de Telemetría (SMT)	59
4.4	El Subsistema de Analítica de Video (SAV).....	81
4.5	El Subsistema de Interoperabilidad (SI-ITS)	84
4.6	El Subsistema de Difusión de Información Local (SDL).....	94
4.7	Interfaz con el ADAS	100
4.8	El Sistema de Comunicaciones	101
4.9	El Sistema Bus-Estación (SBE)	111
4.10	El Sistema Biométrico (SIBI).....	121
4.11	El Sistema de Alimentación y Respaldo Eléctrico	128
4.12	El Sistema Inteligente de Gestión de Patio (SITSP)	139
4.13	Sistema de Detección de Fallas (SDF)	150
4.14	Requisitos Transversales	154
5.	GESTIÓN DE FALLAS O ERRORES	162

5.1	Gestión de fallas o errores del software	162
5.2	Garantías.....	163
5.3	<i>Stock</i> de repuestos	166
5.4	Reemplazo del ITS No SIRCI.....	168
5.5	El MTBF.....	171
5.6	Mantenimientos	173
5.7	Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.....	180
5.8	Actualizaciones y Desarrollos Adicionales	183
5.9	Sistema de Tickets	187
5.10	Obligaciones generales de coordinación	190

1. DEFINICIONES

Para los fines del presente Anexo 3, los términos en mayúscula inicial que aquí se usan, en forma singular o plural, tendrán el significado asignado a continuación, de forma preferente a las Definiciones del Contrato de Concesión de Provisión. En consecuencia, para la aplicación e interpretación de lo previsto en este Anexo 3, prevalecerán las definiciones aquí establecidas sobre las contenidas en el Contrato de Concesión de Provisión y en sus demás Anexos, cuando se trate de materias reguladas por este Anexo.

Las palabras técnicas o científicas que no se encuentren definidas expresamente en el presente Anexo tendrán los significados que les correspondan según la técnica o ciencia respectiva, y las demás palabras se entenderán en su sentido natural y obvio.

"Actualización" tiene el significado que se le asigna en la Sección 5.8 del presente Anexo.

"Alarma" es toda notificación generada por el sistema cuando una o varias variables monitorizadas exceden los umbrales o condiciones preestablecidas en la configuración del ITS No SIRCI, indicando una posible situación de riesgo, fallo técnico o condición anómala que requiere atención inmediata. Las Alarmas son clasificadas como señales de alerta que deben ser gestionadas de forma prioritaria, y su emisión deberá ser trazable, registrada y transmitida conforme a las directrices establecidas por Transmilenio en los documentos que correspondan, como el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y el Diccionario de Datos.

"Ambiente Producción del CDEG" es el entorno operativo final del CDEG de Transmilenio, al cual se integran únicamente los Buses cuyo ITS No SIRCI ha demostrado un comportamiento estable y conforme a los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en el presente Anexo. El paso del Ambiente QA del CDEG al Ambiente de Producción del CDEG requiere una Notificación de no objeción en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, emitido por Transmilenio, el cual valida que el firmware y todos los subsistemas operan correctamente. En este ambiente, la información transmitida por el Bus deberá presentar calidad, congruencia y periodicidad adecuada, cumpliendo los lineamientos del Diccionario de Datos, con el objetivo de garantizar que los datos sean confiables para el análisis, monitoreo y toma de decisiones por parte de Transmilenio. También se articula a la recepción de datos del SITSP.

"Ambiente QA del CDEG" es el entorno de validación funcional, técnica y operativa dispuesto por Transmilenio en el CDEG, donde se realizan las pruebas previas al paso del ITS No SIRCI al entorno de producción. En este ambiente, el Bus deberá enviar su información siguiendo los lineamientos definidos en el Diccionario de Datos, permitiendo verificar la correcta interpretación, estructuración y transmisión de datos conforme a los protocolos, estándares y funcionalidades requeridas. En el Ambiente QA del CDEG se validan los comportamientos del firmware, la configuración de sistemas y subsistemas embarcados, así como la integridad y calidad de los datos que serán integrados al ecosistema tecnológico de Transmilenio. Toda interacción en este ambiente

es monitoreada con fines de prueba, corrección, Estabilización y retroalimentación. También se articula a la recepción de datos del SITSP.

"Analítica de Datos" es el proceso de examinar, limpiar, transformar y modelar datos con el objetivo de descubrir información útil, llegar a conclusiones y apoyar la toma de decisiones informadas. Este campo interdisciplinario combina técnicas de estadística, matemáticas, informática y conocimiento del dominio específico para analizar conjuntos de datos grandes y complejos. La Analítica de Datos puede dividirse en varias categorías, como descriptiva (qué ha pasado), diagnóstica (por qué ha pasado), predictiva (qué pasará) y prescriptiva (qué se deberá hacer), cada una de las cuales ofrece un nivel creciente de valor y complejidad en la interpretación de los datos.

"Apoyo en los Mantenimientos" es la obligación a cargo del Concesionario de Provisión de acompañar las actividades de Mantenimiento del Operador Designado por Transmilenio, en los términos de la Sección 5.7(b)(ii)(D) del presente Anexo

"Barraje Equipotencial" es también conocido como barra de equipotencialidad o barra de tierra, y es un elemento conductor metálico que conecta diversos elementos de una instalación eléctrica al sistema de puesta a tierra. Su función principal es equiparar el potencial eléctrico de estos elementos, minimizando el riesgo de descargas eléctricas y protegiendo los equipos electrónicos de daños por sobretensiones.

"Cadena de Custodia" es el proceso que permite asegurar las características originales de los elementos materia de prueba o evidencias físicas desde su recolección hasta su disposición final. Aplica a todos los elementos físicos materia de prueba, para garantizar la autenticidad de estos, acreditando su identidad y estado original, las condiciones de recolección, preservación, embalaje y las personas que intervienen en la recolección, envío, manejo, análisis y conservación de estos elementos, así mismo, los cambios hechos en ellos por cada custodio. La Cadena de Custodia se inicia en el lugar donde se obtiene, encuentre o recaude el elemento físico de prueba y finaliza por orden de la autoridad competente. Lo anterior aplica para cualquier elemento asociado al ITS No SIRCI, especialmente para el sistema STS, resaltando que Transmilenio es el propietario de toda la información generada por los Buses y sus componentes ITS No SIRCI.

"CANBUS" o "Controller Area Network Bus" es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos. Además, ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples CPUs. Esto es aplicado, entre otros, en la industria automotriz.

"Caso" tiene la definición que se le asigna en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión.

"CCTV" o "Closed Circuit Television" es la tecnología de videovigilancia diseñada para visualizar ambientes, escenarios y actividades que requieran la respectiva supervisión de Transmilenio o quien este designe.

"CEN TS13149" o "European Committee for Standardization" es el estándar de la Comunidad Europea que define los lineamientos de los sistemas de control y programación de viajes de vehículos de carretera.

"Centro de Datos ITS" es la infraestructura TI en Patio dedicada e implementada para el ITS No SIRCI.

"Centro de Gestión" o "CDEG" es la plataforma tecnológica de Transmilenio que consta de una infraestructura en Nube que recibe, procesa y almacena las tramas de datos generadas y transmitidas por el ITS No SIRCI, así como las tramas provenientes de los dispositivos instalados en estaciones del componente troncal del SITP para la gestión de las puertas de acceso a los Buses.

Esta plataforma cuenta con una capa de visualización georreferenciada de dichos datos que, a partir de funcionalidades desarrolladas sobre la misma, permite identificar Eventos y generar Alarmas que facilitan el monitoreo y la toma de decisiones durante la operación, para mejorar la seguridad y la calidad del servicio a los usuarios.

"CMMS" o "Computer Maintenance Management System" es la herramienta provista por el Operador Designado por Transmilenio en virtud del Contrato de Concesión de Operación.

"Container" es la tecnología que se usa para agrupar una aplicación con todos sus archivos necesarios en un entorno de ejecución.

"Container lab" es una solución experimental implementada dentro del OBC de alto desempeño y bajo control exclusivo de Transmilenio, cuyo propósito es permitir el despliegue, ejecución y control de uno o varios contenedores orientados a la Analítica de Datos. Estos contenedores estarán destinados al procesamiento local de información proveniente de la red CANBUS (Telemetría) y de los flujos de video generados por las cámaras que conforman el ITS No SIRCI.

El Container lab es una herramienta de exploración y aprovechamiento estratégico de los datos generados por el ITS No SIRCI, facilitando la generación de valor a través de modelos analíticos, inferencia en tiempo real, diagnóstico predictivo u otros usos que determine Transmilenio. Su diseño está orientado a garantizar flexibilidad tecnológica, operación sin restricciones sobre los recursos del OBC, y plena Interoperabilidad con los sistemas del CDEG u otras plataformas de análisis designadas por Transmilenio.

"Desarrollo Adicional" tiene el significado que se le asigna en la Sección 5.8 del presente Anexo.

"Desencriptación" es el descifrado de un texto codificado mediante un algoritmo y protegido con una clave.

"Diccionario de Datos" es el documento técnico de carácter confidencial elaborado por Transmilenio, mediante el cual se definen los atributos, tanto de frecuencia de envío como de contenido, de las tramas asociadas a los mensajes que serán enviados al CDEG y, a su vez, recibidos desde esta plataforma. Los lineamientos establecidos en dicho documento serán de obligatorio cumplimiento para el Concesionario de Provisión. Este documento será suministrado al Concesionario de Provisión al momento de la suscripción del Acta de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión.

"Documento de Contenerización" es el documento técnico de carácter confidencial elaborado por Transmilenio, en el cual se definen los lineamientos obligatorios que deberá seguir el Concesionario de Provisión para la preparación del ambiente del Container lab y el despliegue de contenedores, incluyendo arquitecturas, tecnologías requeridas y criterios de aislamiento.

"Documento de Interacciones ITS No SIRCI" es el documento técnico de carácter confidencial elaborado por Transmilenio, en el cual se recopilan y detallan las variables de las tramas periódicas, Eventos y Alarmas, sus definiciones, magnitudes lógicas de lectura y envío de datos, así como la secuencia adecuada de envío de Eventos conforme a la tecnología de los Buses. Los lineamientos establecidos en dicho documento serán de obligatorio cumplimiento para el Concesionario de Provisión. Este documento será suministrado al Concesionario de Provisión al momento de la suscripción del Acta de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión.

"Documento Geoespacial" es el documento técnico de carácter confidencial elaborado por Transmilenio, en el cual se explican las características del componente geoespacial, así como las consideraciones para la generación de Alarmas y Eventos, que están asociadas a este.

"ECU" o "Engine Control Unit" es un dispositivo de control electrónico aplicado en la industria automotriz que administra varios aspectos de la operación y de aspectos funcionales de un Bus. Generalmente se conectan entre sí mediante un CANBUS.

"EMC" o "Electromagnetic Compatibility" es una rama de la tecnología electrónica y de telecomunicaciones que estudia los mecanismos para eliminar, disminuir y prevenir los efectos de acoplamiento entre un equipo eléctrico o electrónico y su entorno electromagnético, aun desde su diseño, basándose en normas y regulaciones, asegurando la confiabilidad y seguridad de todos los tipos de sistemas en el lugar donde sean instalados y bajo un ambiente electromagnético específico.

"EN50155" es una norma internacional que define el tipo de chasis y blindaje físico de los equipos electrónicos utilizados en la industria automotriz, en especial para aplicaciones ferroviarias. La norma cubre aspectos de este equipo electrónico, incluidos la temperatura, la humedad, golpes, vibraciones y otros parámetros.

"EN50155 II" es un estándar que define los requisitos de inmunidad eléctrica y física, definido en componentes y conectores, aplicado en sistemas de Alarma, diseñados para su uso dentro y

alrededor de edificios en entornos residenciales, comerciales, industriales ligeros e industriales, así como en los sistemas de control de acceso, para aplicaciones de seguridad.

"Estabilización" es el proceso mediante el cual el ITS No SIRCI, una vez superadas las verificaciones estáticas y las pruebas básicas de rodaje efectuadas en la Etapa Preoperativa, entra en operación regular en ruta. Momento en el cual este podrá presentar ajustes, fallas o inestabilidades frente a sus requerimientos funcionales y no funcionales, lo cual deberá ser atendido, gestionado y corregido de forma integral por el Concesionario de Provisión, a su costo y riesgo, sin que ello implique reconocimiento económico adicional por parte de Transmilenio. Este proceso termina cuando se cumplan los Niveles de Servicio y desempeño exigidos contractualmente, y el ITS No SIRCI entre en Ambiente Producción del CDEG.

"Evento" es cualquier suceso registrado por el ITS No SIRCI que refleje un cambio de estado, condición o acción relevante dentro de la operación del Bus o de los sistemas a bordo, sin que necesariamente implique una condición de falla o anomalía. Los Eventos permiten documentar el comportamiento operacional del sistema y sirven como insumos clave para el análisis, trazabilidad y control de la **operación**, en línea con los requerimientos funcionales definidos por Transmilenio.

"FPS" o "Frames Per Second" es la frecuencia a la que aparecen imágenes consecutivas – llamadas fotogramas– en una pantalla. Esta definición aplica por igual a las cámaras de video, los gráficos de computadora y los sistemas de captura de movimiento.

"Garantía" es la obligación asumida por el Concesionario de Provisión de responder frente a Transmilenio por el cumplimiento de todas las Especificaciones Técnicas, de calidad, funcionalidad, seguridad, desempeño, compatibilidad, idoneidad y operación de los componentes, sistemas y subsistemas del ITS No SIRCI, en los términos de la Sección 5.2 del presente Anexo.

"GNSS" o "Global Navigation Satellite System" es cualquier sistema de navegación por satélite que proporcione cobertura global. Estos sistemas permiten a los usuarios determinar su posición geográfica con gran precisión en cualquier lugar del mundo y en cualquier momento.

"GPS" o "Global Positioning System" es un sistema de geolocalización que permite determinar la posición de cualquier objeto (ya sea una persona, un Bus, entre otros) en toda la tierra con una precisión de centímetros, exclusivamente cuando se utiliza GPS diferencial.

"HMI" es la pantalla de información del ITS No SIRCI para conductores que permite la interacción entre el conductor y los sistemas tecnológicos del Bus.

"HWC" o "Hardware de Comunicación" es un dispositivo de hardware que contiene diferentes módulos de software, que sirven de punto de conexión segura entre una red local y una red WAN con acceso a internet. Estos equipos gestionan o «enrután» de manera segura el tráfico web y los diferentes datos entre dispositivos de diferentes redes, y permiten que varios dispositivos

compartan la misma conexión a internet. Es el centro de comando para la seguridad de la información a bordo del Bus y, por tal motivo, deberá atender las políticas de seguridad y de los controles de acceso a la información.

"HW-RAD" es el hardware o software que permite la recepción del *stream* de datos con información proveniente desde el centro de emisión radial de Transmilenio, que permite interactuar con el amplificador de audio, permitiendo la difusión del contenido radial al interior del Bus a través del sistema de parlantes para cada vagón del Bus.

"HW-RUT" es el hardware del rutero que tiene la capacidad de incluir el controlador de ruterios. Este equipo controla los paneles frontales, laterales y traseros en atención a las disposiciones indicadas por Transmilenio.

"HWS" es el hardware de supervisión SBC (*Single Board Computer*) que, a través del software corriendo sobre este computador, supervisa el estado de salud informática del ITS No SIRCI, enviando mensajes de Alarma e información relevante al CDEG.

"HWV" es el hardware de gestión de videos móviles embarcado tipo NVR.

"IEEE 802.3 AF" es un estándar del comité 802.3 el cual se titula «Energía del equipo terminal de datos (DTE) a través de la Interfaz dependiente de los medios (MDI)» y define las características del Dispositivo Alimentado (PD) y el Equipo de Suministro de Energía (PSE), definiéndose llevar alimentación al dispositivo terminal de datos a través de la acometida de datos.

"IK" o **"Impact Kinectic"** es la codificación que define el grado de protección que resiste un dispositivo contra impactos mecánicos nocivos. Los grados de protección IK están basados en la norma europea, equivalente a la norma internacional IEC 62262 (2002).

"Incidencia" tendrá el significado que se le asigna en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión.

"Integrador Tecnológico" es el proveedor que deberá contratar el Concesionario de Provisión para diseñar el sistema, enlazar y unificar los productos tecnológicos del ITS No SIRCI, bien sea de los elementos propios o de diferentes fabricantes, con la finalidad de buscar y proponer las mejores soluciones que cubran el cumplimiento de las obligaciones del Concesionario de Provisión respecto del ITS No SIRCI.

"Interoperabilidad" es la capacidad de comunicar, ejecutar programas, o transferir datos entre varias unidades funcionales de forma tal que los usuarios requieran poco o ningún conocimiento sobre las características propias de estas unidades, de acuerdo con lo definido en la ISO/IEC2382-1: 2009.

"IP" definido por el estándar internacional IEC 60529, el cual clasifica el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que los dispositivos deben tener según su función.

"IPv4/IPv6" es el o los protocolos de red fundamentales que permiten la comunicación entre dispositivos en internet. Actúan en el nivel de red del modelo OSI y son responsables de encapsular los datos en datagramas, que son unidades de información independientes que se envían a través de la red. Estos protocolos utilizan direcciones IP únicas para identificar cada dispositivo conectado a la red. IPv4, la versión más antigua, utiliza direcciones IP de 32 bits, mientras que IPv6 emplea direcciones de 128 bits, lo que proporciona un espacio de direcciones mucho mayor.

"ITS No SIRCI" tendrá el significado asignado en el Contrato de Concesión de Provisión.

"Mapa Inteligente de Carga" son las curvas de carga en relación de voltaje y corriente para una batería, en ese sentido están definidos los dispositivos que permiten establecer condiciones de voltaje y corriente para la carga de las baterías. Esto permite que la batería se cargue adecuadamente prolongando su vida útil. En ese entendido los dispositivos que realizan el mapa de carga de una batería garantizan que la recarga energética de la misma sea la más adecuada.

"Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI" es el documento técnico obligatorio que deberá ser elaborado y entregado por el Concesionario de Provisión, el cual define de manera detallada todos los procesos, procedimientos, frecuencias, niveles y protocolos necesarios para garantizar el Mantenimiento efectivo del ITS No SIRCI, en sus componentes de hardware y software o incluso asociado a los sistemas y subsistemas planteados en el ITS No SIRCI. Este Manual deberá estar estructurado como mínimo en tres (3) Niveles de Mantenimiento y deberá abordar los temas exclusivos de hardware y de software. Cualquier modificación o actualización al Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI deberá contar con la aprobación del Operador Designado por Transmilenio.

"Mantenimiento de Nivel Avanzado" tiene el significado que se le asigna en la Sección 5.6 del presente Anexo.

"Mantenimiento de Nivel Básico" tiene el significado que se le asigna en la Sección 5.6 del presente Anexo.

"Mantenimiento de Nivel Intermedio" tiene el significado que se le asigna en la Sección 5.6 del presente Anexo.

"Memoria Caché" es la memoria de acceso rápido que se utiliza para almacenar temporalmente datos e instrucciones a los que el procesador de una computadora necesita acceder con frecuencia. El objetivo principal de la Memoria Caché es acelerar el acceso a los datos y mejorar el rendimiento del sistema, ya que recuperar datos de la caché es mucho más rápido que hacerlo desde la memoria principal o el disco duro.

"Metodología en V" es el modelo de desarrollo recomendado para la implementación de Proyectos ITS, incorporado en los estándares ISO15288, ISO/IEC TR 19760, y EIA 632. Este modelo describe el ciclo de vida, las etapas y actividades para la ejecución de Proyectos ITS. Es

mediante esta Metodología en V que el Concesionario de Provisión deberá describir las actividades, estrategias, procesos, tiempos y pruebas que deberá desarrollar para lograr el cumplimiento de las obligaciones del presente Anexo.

"MIL-STD-810G" es un estándar que ha definido una serie de pruebas diseñadas por los militares de EE. UU. para probar los límites de sus equipos en diversas condiciones en las que se espera que se utilicen (medio ambiente) o se transporten (choques). La prueba varía según la naturaleza, el tamaño y el peso del equipo probado.

"MTBF" o **"Mean Time Between Failures"** es la media aritmética o promedio del tiempo entre fallos de un componente de hardware. El MTBF es típicamente parte de un modelo que asume que el sistema fallido se repara inmediatamente (el tiempo transcurrido es cero), como parte de un proceso de reposición.

"MTD" o **"Maximum Tolerable period of Disruption"** es el periodo que está compuesto por un tiempo de recuperación objetivo (RTO o *Recovery Time Objective*), el cual es un parámetro, habitualmente de carácter técnico, más un periodo de normalización de las actividades en las que el personal responsable de la actividad comienza a funcionar.

"Neutralidad Tecnológica" es la capacidad que deberá integrar el Concesionario de Provisión y los actores tecnológicos en conjunto con lo que estipule Transmilenio, para generar escenarios abiertos en tecnología que estén bajo estándares técnicos y que permitan satisfacer los servicios esperados en el contexto tecnológico del ITS No SIRCI. Para ello, se deberá enfocar en la elección de la tecnología más apropiada y adecuada a las necesidades y requerimientos aquí expuestos para la ejecución de las obligaciones del presente Anexo 3 del Contrato de Concesión de Provisión, en aras de que no exista una limitación respecto de los protocolos propietarios u otro hecho que genere dependencias explícitas de equipamientos.

"NTP" o **"Network Time Protocol"** es un protocolo de internet para sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través del enrutamiento de paquetes en redes con latencia variable.

"Nube" o **"Cloud Computing"** es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que usualmente es internet.

"NVR" o **"Network Video Recorder"** es un dispositivo físico o un software que se instala en una computadora que permite la grabación y administración de imágenes digitales que son enviadas generalmente desde cámaras de tecnología IP.

"OBD" u **"On Board Diagnostics"** es un sistema de diagnóstico a bordo en vehículos (coches y camiones). Actualmente se emplean los estándares OBD-II (Estados Unidos), EOBD (Europa) y JOBD (Japón), que aportan un monitoreo y control completo del motor y otros dispositivos del vehículo. Los vehículos pesados poseen una norma diferente, regulada por la SAE, conocida como J1939.

"OBD II" es la segunda generación del sistema de diagnóstico a bordo, sucesor de OBD I. Alerta al conductor cuando el nivel de las emisiones es 1.5 mayores a las diseñadas. A diferencia de OBD I, el OBD II detecta fallos eléctricos, químicos y mecánicos que pueden afectar al nivel de emisiones del Bus.

"OEM" u **"Original Equipment Manufacturer"** es la empresa que manufactura productos que luego son comprados por otra y vendidos al por menor bajo la marca de la empresa compradora, a veces conocida como empresa reenvasadora.

"ONVIF" u **"Open Network Video Interface Forum"** es un foro global y abierto de la industria que proporciona, promueve y facilita el desarrollo y uso las interfaces estandarizadas globales para una Interoperabilidad efectiva de productos de vigilancia y seguridad física basados en conectividad IP. Su propósito es desarrollar un estándar sobre cómo los productos IP dentro de la videovigilancia y otras áreas de seguridad física pueden comunicarse entre sí. Fue creada en 2008 por Axis Communications, Bosch Security Systems y Sony.

"OTA" u **"Over-The-Air Programming"** son varios métodos de distribución de forma inalámbrica de software nuevo, ajustes de configuración e incluso Actualización de claves de cifrado para dispositivos como teléfonos celulares, decodificadores o equipos de comunicación de voz seguros (radios de dos vías cifradas). Una característica importante de OTA es que una ubicación central puede enviar una Actualización a todos los usuarios que no pueden rechazar, anular o alterar esa Actualización, y que la Actualización se aplica de inmediato a todos los usuarios del canal. Un usuario podría "rechazar" la OTA, pero el "administrador de canales" también podría "expulsarlos" del canal automáticamente.

"PDI" o **"Pantallas de Difusión de Información"** son utilizadas, principalmente, para transmitir información institucional, operativa y de interés, como noticias relevantes, para los pasajeros.

"Periodo de Estabilización" es el período que inicia con la suscripción del Acta de Inicio de la Etapa de Operación y Mantenimiento por parte del Concesionario de Provisión y se extiende por un término de doce (12) Meses contados a partir de dicha fecha. El objetivo de este período es alcanzar la Estabilidad técnica, operativa y funcional del ITS No SIRCI, conforme a los Niveles de Servicio y desempeño exigidos contractualmente, garantizando su adecuado funcionamiento e Interoperabilidad con el CDEG y los demás sistemas involucrados.

"Periodo de Operación en Ambiente de Producción del CDEG" es el período que inicia una vez finalizado el Período de Estabilización del Bus y concluye al término de la Etapa de Operación y Mantenimiento.

"Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento" es el documento del que trata la Sección 3.2 (e)(iii) del presente Anexo, para la transferencia de conocimiento sobre el ITS No SIRCI por parte del Concesionario de Provisión al Operador Designado por Transmilenio.

"Plan Maestro de Implementación o PMI" es el documento de planeación elaborado entregado por el Concesionario de Provisión para la implementación del ITS No SIRCI en la nueva Flota. Este está basado en las fases, componentes y entregables de la Metodología en V.

"Prototipo en Ambiente Controlado" es la primera instancia de integración del ITS No SIRCI realizada en un laboratorio o entorno de pruebas fuera del Bus. En este escenario, se instalan y conectan los dispositivos del ITS No SIRCI, simulando el Bus y el CDEG con el fin de verificar la Interoperabilidad básica, probar configuraciones iniciales y validar el cumplimiento de requisitos no funcionales y algunos requisitos funcionales en un ambiente seguro y controlado.

"Prototipo en Bus" es la versión de integración del ITS No SIRCI instalada en el Bus prototipo y conectada al CDEG. Permite validar el flujo completo de datos, la Interoperabilidad con los sistemas centrales, la calidad de la información y el cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales en condiciones controladas.

"Prototipo en Bus en Sitio" es la fase de pruebas *in situ* del ITS No SIRCI, instalado en el Bus prototipo, en un entorno operativo real o simulado. Esta fase permite verificar la integración completa de los sistemas que conforman el ITS No SIRCI a bordo del Bus, en coherencia con lo definido en el Diccionario de Datos y el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

"Proyecto ITS" es el proyecto que tiene como objetivo desarrollar, desplegar, integrar y/o mantener la infraestructura tecnológica y los componentes necesarios para hacer realidad uno o más Servicios ITS.

"REST" o "Representational State Transfer" es la transferencia de estado representacional es una arquitectura para el intercambio de información entre pares en un entorno descentralizado y distribuido. REST permite a programas de distintos equipos comunicarse con independencia de un sistema operativo o plataforma mediante el envío de una petición de protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) a un localizador de recurso uniforme (URL) y la recepción de datos en un formato (por ejemplo, XML) o dentro de una URL. REST se utiliza en los servicios web.

"RFID" o "Radio Frequency Identification" es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (Automatic Identification, o Identificación Automática).

"RTC" o "Reloj en Tiempo Real" es un dispositivo o componente dentro de un sistema electrónico que se encarga de mantener un seguimiento preciso del tiempo actual. Este tipo de reloj continúa funcionando incluso cuando el sistema principal está apagado o en estado de bajo consumo de energía.

"SCSI" es el Sistema de Comunicaciones y Seguridad Informática, el cual está compuesto por un conjunto de software y hardware que son utilizados con la finalidad de transmitir, emitir y recibir señales de todo tipo; como voz, datos, audio, video, etc., contando con las políticas, procedimientos y directrices necesarias para la protección de la información transmitida al CDEG.

"Servicio ITS" es aquel que se define, conforme al marco establecido en la norma ISO 14813-1, como una funcionalidad específica y tangible puesta a disposición del usuario final (viajero, conductor, entidad gestora) para mejorar la seguridad, eficiencia, comodidad y/o sostenibilidad del sistema de transporte.

"Sistema de Tickets" tiene el significado que se le asigna en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión.

"SoC o System On Chip" es un circuito integrado que incorpora todos o la mayoría de los componentes de una computadora u otro sistema electrónico.

"SSH o Secure Shell" es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa, cuya principal función es el acceso remoto a un servidor por medio de un canal seguro en el que toda la información está cifrada.

"Telemetría" es la capacidad que tiene un sistema para adquirir datos a través de la medición local, haciendo uso de instrumentos electrónicos, los cuales son transmitidos a un receptor con el objetivo de almacenarlos, procesarlos y visualizarlos, para apoyar la toma asertiva de acciones.

"Tensión" es la Tensión de voltaje de igual valor potencial.

"TOPS o Tera Operations Per Second" es una medida de rendimiento en computación que indica billones de operaciones por segundo.

"TPMS" o "Tire Pressure Monitoring System" es el sistema de monitorización de presión de llantas de los Buses, bajo los lineamientos del Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión.

"UR-Bi" es la Unidad de Reconocimiento Biométrico.

"USB o Universal Serial Bus" es un bus de comunicaciones que sigue un estándar que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre computadoras, periféricos y dispositivos electrónicos.

"VDC o Volts Direct Current" es la unidad de voltaje en corriente directa.

"VMS o Video Management System" es un componente de un sistema de cámaras de seguridad que realiza las funciones de recopilar video de cámaras y otras fuentes, graba y/o almacena ese video en un dispositivo de almacenamiento y proporciona una interfaz para ver el video en vivo y acceder al video grabado. Puede ser el componente de software de un grabador de video en red o

de un grabador de video digital, aunque en general un VMS tiende a ser más sofisticado y brinda más opciones y capacidades que un dispositivo NVR.

2. INTRODUCCIÓN

El presente Anexo establece las Especificaciones Técnicas, características, funcionalidades y requerimientos mínimos del ITS No SIRCI. Dicha solución comprende un conjunto integral de herramientas tecnológicas, informáticas y de telecomunicaciones, cuya definición y alcance se desarrollan en este Anexo 3 del Contrato de Concesión de Provisión.

Su implementación tiene por objeto recolectar, almacenar, procesar y distribuir información en tiempo real y de manera eficiente, orientada a la satisfacción de los siguientes fines esenciales: (a) mejorar la calidad del servicio, con el objetivo de garantizar en todo momento la seguridad física y operacional tanto de los usuarios como de los operadores; (b) optimizar la experiencia de viaje de los usuarios, mediante el acceso oportuno y confiable a información relevante para la prestación del servicio; y (c) fortalecer la gestión y seguridad del tránsito y del transporte, a través de la generación y divulgación de información de carácter institucional, operativo y de servicios.

En ese sentido, el Concesionario de Provisión deberá asegurar que el ITS No SIRCI cumpla con todos y cada uno de los requisitos, estándares aquí definidos, así como con las disposiciones normativas, regulatorias y contractuales aplicables, en garantía del adecuado funcionamiento, continuidad y disponibilidad del servicio de transporte público masivo de pasajeros en el marco del Contrato de Concesión de Provisión.

2.1 Diferencias entre el ITS No SIRCI y el sistema SIRCI

Con el fin de brindar mayor claridad al Concesionario de Provisión respecto de los alcances y obligaciones contractuales en materia de ITS, el Contrato de Concesión de Provisión establece una distinción expresa entre los dos tipos de soluciones que abarcan los denominados ITS:

En primer lugar, el SIRCI corresponde al Sistema Integrado de Recaudo, Control de Flota e Información al Usuario, cuya implementación, operación y administración están a cargo del Concesionario SIRCI. Este sistema se orienta fundamentalmente a garantizar la gestión eficiente del recaudo, la supervisión de la Flota y la provisión de información básica al usuario en relación con la operación del servicio.

Por otra parte, el ITS No SIRCI, regulado en el presente Anexo, tiene un alcance diferente y complementario. Su finalidad se centra en fortalecer la calidad del servicio en el Sistema TransMilenio, no solo mediante la protección de la seguridad física y operacional de los usuarios y operadores, sino también a través de la optimización de la experiencia de viaje, gracias a la provisión de diversos servicios a bordo de los Buses. Asimismo, esta solución tecnológica contribuye a consolidar el papel de Transmilenio como Ente Gestor del SITP al potenciar la divulgación de información institucional, operativa y de servicios complementarios, elementos que, en conjunto, permiten robustecer la confianza y satisfacción de los usuarios.

De esta manera, mientras el SIRCI se focaliza en la gestión del recaudo y del control operativo de la flota, el ITS No SIRCI amplía el espectro de acción hacia la mejora integral de la experiencia del usuario y la consolidación del sistema como servicio público de transporte masivo de pasajeros confiable, eficiente y seguro.

Por lo anterior, este Anexo se centra exclusivamente en las Especificaciones Técnicas aplicables al ITS No SIRCI, los cuales se encuentran compuestos por ocho (8) sistemas que deberán ser articulados, desplegados e integrados en su totalidad por cuenta y riesgo del Concesionario de Provisión, en coherencia con los requisitos funcionales y no funcionales definidos en este documento.

Para tal fin, Transmilenio adopta la norma ISO 14813-1, la cual establece la diversidad de Servicios ITS del dominio de sistemas de transporte, constituyéndose así en referente técnico para la adecuada implementación del ITS No SIRCI. Así las cosas, el Concesionario de Provisión estará obligado a que su Integrador Tecnológico acredite, mediante certificaciones emitidas por terceros, experiencia en la implementación de Servicios ITS conforme a los lineamientos de la norma ISO 14813, en los términos previstos en la Sección 3 del presente Anexo, sin que ello implique la obligación de contar con una certificación directa en dicha norma.

2.2 Sistemas del ITS No SIRCI

- (a) Sistema Tecnológico de Seguridad (en adelante el “**STS**”): este se enfoca en atender las disposiciones establecidas en la Ley 1801 de 2016 (Código Nacional de Policía y Convivencia) en el parágrafo 2 del artículo 146, sobre la disposición de sistemas de video vigilancia al interior de los Buses, así como en atender los requerimientos basados en la seguridad del sistema de Transmilenio.
- (b) Sistema Inteligente de Gestión de la Operación (en adelante el “**SIGO**”): este sistema está orientado a proveer información de valor tanto para los diferentes propósitos institucionales de Transmilenio como para los usuarios del Sistema, a partir de los datos generados por el ITS No SIRCI instalados a bordo de la Flota. Para tal efecto, se soporta en esquemas de Telemetría del Bus, analítica de video, procesos de Interoperabilidad en la Flota, difusión de información y en la articulación de datos provenientes del sistema avanzado de asistencia al conductor (en adelante el “**ADAS**”).
- (c) Sistema de Detección de Fallas (en adelante el “**SDF**”): este sistema tiene como propósito detectar o identificar las posibles fallas que se generen al interior del ITS No SIRCI a bordo de los Buses y el respectivo reporte oportuno de estas al CDEG.
- (d) Sistema de Comunicaciones (en adelante el “**SC**”): está centrado en atender la transmisión y la recepción de datos del ITS No SIRCI embarcado en la Flota, así como de proveer los servicios de conectividad de internet para los usuarios del Bus.

- (e) Sistema Bus-Estación (en adelante el “**SBE**”): está centrado en atender la articulación del sistema de apertura y cierre de puertas de los Buses con las puertas de las estaciones del componente troncal del SITP.
- (f) Sistema Biométrico de Registro (en adelante el “**SIBI**”): está centrado en garantizar la identificación segura, trazable y auditable de los usuarios conductores vinculados a la operación, mediante tecnologías biométricas y dispositivos electrónicos embarcados.
- (g) Sistema de Alimentación y Respaldo Eléctrico (en adelante el “**SARE**”): está centrado en articular las características eléctricas que deben apoyar y garantizar el suministro energético para el ITS No SIRCI a bordo de la Flota.
- (h) Sistema ITS del Patio (en adelante el “**SITSP**”): está centrado en almacenar la información generada de los ITS No SIRCI a bordo los Buses, la cual será consumida desde el CDEG por Transmilenio, conforme este lo disponga y mediante un esquema de servicios web, para afianzar el escenario operacional del sistema
- (i) Adicionalmente, el SITSP recibe información proveniente del Sistema de Gestión de Energía (en adelante el “**SGE**”), relacionada con la Infraestructura de Recarga Eléctrica y con los sistemas de Telemetría que la conforman, con el objetivo de contar con los datos necesarios para la determinación de la eficiencia energética en los Patios.

En consideración de lo anterior, el esquema de transmisión de datos es un elemento transversal clave para la solución tecnológica integral que presente el Concesionario de Provisión, aplicable a cada uno de los sistemas descritos para el ITS No SIRCI.

Asimismo, Transmilenio dispone de un CDEG encargado de recibir y procesar la información proveniente del ITS No SIRCI instalado a bordo de cada Bus, así como de aquella derivada del SITSP. En consecuencia, el Concesionario de Provisión deberá, por su cuenta y riesgo, dar cumplimiento a los requerimientos establecidos en el presente Anexo, sin perjuicio de complementar, a su criterio, los elementos que estime necesarios, siempre en articulación con Transmilenio, con el fin de garantizar el adecuado cumplimiento de las obligaciones previstas en el presente Anexo, en el Contrato de Concesión de Provisión y sus documentos anexos y, en particular, en los Niveles de Servicio definidos en el Anexo 13.

3. PLAN MAESTRO DE IMPLEMENTACIÓN (PMI)

3.1 Metodología en V

Las funcionalidades mínimas de los sistemas y subsistemas tecnológicos del ITS No SIRCI contenidas en el presente Anexo 3 han sido desarrolladas con base en la Metodología en V,

fundamentada en los estándares internacionales ISO/IEC/IEEE 29148-2011¹, ISO/IEC/IEEE 15288- 2015², y en el documento *Systems Engineering Guidebook for Intelligent Transportation Systems*³.

En este marco, la Metodología en V establece los procesos de especificación, diseño y desarrollo e incorpora procedimientos de validación, homologación y verificación de las especificaciones técnicas y diseños de los Sistemas ITS y, particularmente, del ITS No SIRCI. En ese orden de ideas, el Concesionario de Provisión se obliga a:

- (a) Cumplir con lo dispuesto en dicha Metodología en V con el alcance descrito en este Anexo para el ITS No SIRCI, y seguir los estándares previstos en ella para la formulación de soluciones y de Servicios ITS.
- (b) Presentar los soportes técnicos correspondientes, en los términos de la Sección 3 del presente Anexo 3.
- (c) Cumplir con las Especificaciones Técnicas establecidas en el presente Anexo 3.

Ahora bien, la Metodología en V, además, puede articularse con marcos de trabajo ágiles (por ejemplo, prácticas como *Scrum*), lo cual permite procesos iterativos de ajuste y afinación del ITS No SIRCI durante las fases de diseño, implementación, puesta en operación y durante el Periodo de Estabilización, con el objetivo de garantizar coherencia con los objetivos del Proyecto ITS y con las obligaciones establecidas en el Contrato de Concesión de Provisión.

Este enfoque sintetiza el ciclo de vida del desarrollo del ITS No SIRCI, estructura y organiza de manera clara los procesos, entregables y actividades, que se reflejan en los procesos de validación.

En ese orden de ideas, la Metodología en V integra tanto procesos técnicos (definición de requisitos del sistema, diseño de alto y bajo nivel, integración y verificación, entre otros) como procesos de gestión (planificación del Proyecto ITS, gestión de riesgos y gestión de la configuración). Su representación gráfica se muestra en la Figura 1 a continuación:

¹ *Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering.*

² Fuente: 2015 (*Systems and software engineering — System life cycle processes*).

³ Fuente: *Systems Engineering Guidebook for Intelligent Transportation Systems* (U.S. Department of Transportation, Version 3.0, 2009).

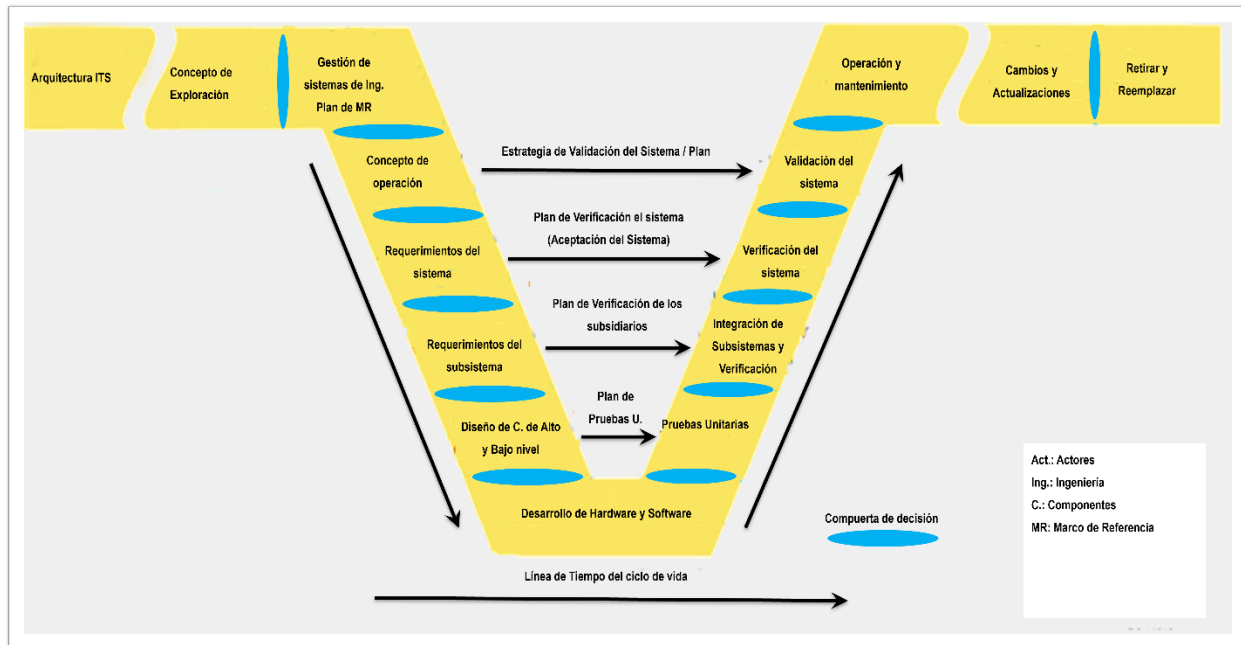


Figura 1. Metodología en V⁴

La aplicación de la Metodología en V implica que los parámetros clave del ITS No SIRCI – Interoperabilidad, escalabilidad, integración, compatibilidad y Neutralidad Tecnológica– estén contemplados en todo el ciclo de vida del ITS No SIRCI. Por tanto, el diseño del ITS No SIRCI del Concesionario de Provisión deberá incluir, como mínimo, los siguientes elementos de la Metodología en V:

- (a) El concepto de operación del ITS No SIRCI.
- (b) Los requerimientos y especificaciones de requisitos del sistema del ITS No SIRCI.
- (c) Los requerimientos y especificaciones de requisitos de los subsistemas del ITS No SIRCI.
- (d) El diseño de componentes de alto y bajo nivel.
- (e) El desarrollo de hardware y software.
- (f) Las pruebas unitarias.
- (g) La integración de subsistemas.
- (h) La verificación del sistema.

⁴ Fuente: Elaboración propia con base en el documento “*Systems Engineering Guidebook for Intelligent Transportation Systems v3.0*”

- (i) La validación del sistema.
- (j) La operación y Mantenimiento del ITS No SIRCI.
- (k) Los cambios y Actualizaciones del ITS No SIRCI.

Por lo anterior, el Concesionario de Provisión deberá entregar, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, todos los documentos de soporte y los resultados técnicos documentales que dan cuenta del cumplimiento de cada periodo del proceso de la Metodología en V que se describen en este Anexo 3. Lo anterior, con el objetivo de que dichos resultados puedan ser utilizados en las fases de implementación posteriores de la Metodología en V.

La matriz de trazabilidad será un instrumento de monitoreo respecto del estado de implementación del ITS No SIRCI. El Concesionario de Provisión deberá diligenciar la matriz referenciada, relacionando de manera única cada requisito funcional y no funcional. Para tal propósito, el Concesionario de Provisión deberá indicar la fuente que describe el requisito, su identificador único y la descripción precisa del mismo.

El Concesionario de Provisión deberá registrar la evidencia del diseño que desarrolla, el procedimiento de prueba que permitirá verificarlo, el nivel de validación o verificación en el marco de la Metodología en V, así como el responsable y estado de cumplimiento (planeado, en ejecución, validado). Esta matriz deberá garantizar que no exista ningún requisito sin prueba asociada, con el objetivo de facilitar el seguimiento, de manera que se asegure la trazabilidad completa del estado de cumplimiento por parte de Transmilenio.

El Concesionario de Provisión deberá seguir los lineamientos que se definen en la Tabla 1, para el adecuado desarrollo de la documentación a la que hace referencia la presente Sección.

Fases de la Metodología	de operaciones (CONOPS)	del proyecto	del proyecto	y de prueba	y verificación	Despliegue inicial	Validación	y mantenimiento	Cierre técnico
Documentación	Concepto de Operaciones (CONOPS) - Según documentación base	U							

Fases de la Metodología	de operaciones (CONOPS)	del proyecto	del proyecto	y de prueba	y verificación	Despliegue inicial	Validación	Operaciones y mantenimiento	Cierre técnico
Documentación proporcionada por Transmilenio									
Plan de Validación del Proyecto	C								
Documento de requisitos del Proyecto - Según documentación base proporcionada por Transmilenio		C	U	U	U	U	U	U	U
Plan de verificación del Proyecto		C			U				
Matriz de trazabilidad		C	U		U			U	U
Plan de aceptación del Proyecto		C				U			
Diseño de alto nivel			CU	U					
Diseño detallado			C	U					

Fases de la Metodología	de operaciones (CONOPS)	del proyecto	del proyecto	y de prueba	y verificación	Despliegue inicial	Validación	Operaciones y mantenimiento	Cierre técnico
Documentación									
Planes de verificación de cada subsistema y módulo			C		U				
Plan de integración			C		U				
Plan de aceptación de cada subsistema y módulo			C		U				
Plan de pruebas unitarias / dispositivo e integrales			C	U					
Planes de desarrollo del software y hardware que abarca el Proyecto.				CU					
Procedimientos de verificación.					CU				
Entrega y plan de instalación.						CU			
Plan de transición a la operación.						CU			

Fases de la Metodología	Concepto de operaciones (CONOPS)	Requisitos del proyecto	Diseño del proyecto	Desarrollo y prueba de software	Integración y verificación	Despliegue inicial	Validación	Operaciones y mantenimiento	Cierre técnico
Documentación									
Plan y procedimientos de operación.						C		U	
Plan y procedimientos de Mantenimiento.						C		U	
Procedimientos de validación del ITS No SIRCI.							CU		
Plan de cierre del proyecto.									CU
Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento.									CU

Tabla 1. Documentación asociada por fase⁵

C: Crear documentación.

U: Uso y/o actualización de la documentación.

La documentación entregada inicialmente a Transmilenio deberá ser actualizada por el Concesionario de Provisión en la medida en que sea necesario, respecto de cada fase o al avance general de la implementación del ITS No SIRCI. Transmilenio deberá avalar y aprobar cada una de las actividades y documentación correspondiente a las etapas que abarca la Metodología en V mediante una Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión.

⁵ Fuente: Elaboración propia con base en el documento “Systems Engineering Guidebook for Intelligent Transportation Systems v3.0”

Como resultado de la aplicación de la Metodología en V, el Concesionario de Provisión deberá entregar un documento que contenga la descripción de cada una de las fases de la Metodología en V y los documentos a los que hace referencia la presente Sección.

3.2 Documentación del PMI

En el marco de este Anexo, los documentos que el Concesionario de Provisión deberá elaborar conforme a la Metodología en V de la que trata la Sección 3.1, serán utilizados por Transmilenio como insumo para los procesos de supervisión de la planeación, implementación, Estabilización y operación del ITS No SIRCI. La documentación técnica estará sujeta a evaluación y aprobación previa por parte de Transmilenio, mediante Notificación de no objeción de la que trata el Contrato de Concesión de Provisión, antes de autorizar el proceso de adquisición e instalación del ITS No SIRCI. En caso de que el Concesionario de Provisión adquiera los ITS No SIRCI sin la aprobación previa de Transmilenio, este asumirá los mayores costos derivados de la adquisición sin aprobación de Transmilenio.

Adicionalmente, el Concesionario de Provisión tendrá la obligación de definir las métricas de medición que permitan monitorear la implementación del ITS No SIRCI, las cuales, de la misma manera, deberán ser revisadas y aprobadas por Transmilenio, mediante Notificación de no objeción en los términos del Contrato de Concesión de Provisión.

El Concesionario de Provisión deberá radicar, mediante Notificación de la que se refiere el Contrato de Concesión de Provisión, toda la documentación exigida en la presente Sección, dentro de los plazos establecidos para cada uno de los ítems aquí previstos.

De igual forma, el Concesionario de Provisión estará obligado a desarrollar todas las actividades técnicas y de ingeniería necesarias para la implementación del ITS No SIRCI, conforme a lo siguiente:

(a) Certificaciones

- (i) El Concesionario de Provisión deberá presentar la documentación de la que trata este numeral, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión, dentro de un plazo no mayor a los quince (15) Días siguientes contados a partir de la Fecha de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión.
- (ii) El Concesionario de Provisión deberá certificar su experiencia en el manejo de esquemas IoT (Internet de las cosas); acreditando de manera verificable la implementación de Servicios ITS en una cantidad de flota equivalente, como mínimo, al número de Buses que conforman la Flota del Contrato de Concesión de Provisión, con Servicios ITS efectivamente desplegados y funcionando.

- (iii) La experiencia a que se refiere el numeral anterior podrá acreditarse mediante contratos verificables que provengan de: (i) cualquiera de los accionistas del Concesionario de Provisión, siempre que acrediten directamente la experiencia exigida; o su Integrador Tecnológico, quien deberá demostrar experiencia específica en la implementación de esquemas IoT aplicados a Servicios ITS en flota, en los términos previstos en este Anexo.

Para efectos de acreditar esta experiencia, en ningún caso se permitirán auto certificaciones.

- (iv) Transmilenio podrá aceptar certificaciones equivalentes o superiores a las aquí exigidas, siempre que se acredite mediante informes de ensayo, protocolos de laboratorio y documentación técnica verificable que dichas certificaciones cumplen, como mínimo, con los mismos métodos, niveles de severidad y criterios de prueba establecidos en la norma referida para cada requisito. La aceptación de equivalencias estará sujeta a verificación técnica y Notificación de no objeción en los términos del Contrato de Concesión de Provisión por parte de Transmilenio. Para tal efecto, no se aceptarán auto certificaciones o declaraciones sin soporte técnico emitido por laboratorios reconocidos.

(b) Integrador Tecnológico

- (i) Presentación y notificación de la selección del Integrador Tecnológico: El Concesionario de Provisión deberá radicar y presentar a Transmilenio, en un término no mayor a los quince (15) Días siguientes a la Fecha de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión, la Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, en relación con el Integrador Tecnológico.
- (ii) El Integrador Tecnológico será el encargado de proveer el ITS No SIRCI y acompañar todo el proceso de diseño, implementación, pruebas, operación y Mantenimiento del ITS No SIRCI, en concordancia con lo dispuesto en la Metodología en V. En relación con las actividades de Mantenimiento del ITS No SIRCI, estas se ejecutarán conforme a la distribución de responsabilidades prevista en la Sección 5.6 del presente Anexo.

Lo anterior se entiende sin perjuicio de que el Concesionario de Provisión será el único responsable frente a Transmilenio por el cumplimiento cabal de todas las obligaciones relativas al ITS No SIRCI previstas en el presente Anexo y en el Contrato de Concesión de Provisión.

- (iii) El Integrador Tecnológico deberá adjuntar una certificación en la que acredite, como mínimo, su experiencia en la implementación de Proyectos ITS en la flota,

articulando tecnología embarcada que se alinee a Proyectos ITS asociados a Servicios ITS, en especial dentro del dominio de transporte público masivo de pasajeros. Dicha certificación deberá ser verificable en cuanto a las cantidades de flota, acreditando como mínimo un número de buses igual al número de Buses que conforman la Flota del Contrato de Concesión de Provisión, con Proyectos ITS efectivamente desplegados y funcionando.

- (iv) La experiencia indicada en el presente literal se deberá acreditar a través de contratos, en los cuales la parte contratante sea: (i) el titular responsable del Proyecto ITS, en virtud de un contrato celebrado directamente con el contratista; o (ii) una persona natural, jurídica o asociación que, a su vez, haya celebrado un contrato con el contratista para cumplir el contrato que dicha asociación o persona hubiese celebrado directamente con el titular responsable del Proyecto ITS.

Para efectos de acreditar esta experiencia, en ningún caso se permitirán auto certificaciones.

- (v) En caso de que el Concesionario de Provisión llegase a realizar un cambio del Integrador Tecnológico (en adelante el “**Nuevo Integrador Tecnológico**”), una vez este haya sido presentado a Transmilenio, este deberá cumplir con lo exigido en el presente numeral del Anexo, lo cual será verificado por Transmilenio y, en ningún caso, el Concesionario de Provisión podrá disminuir las condiciones técnicas presentadas inicialmente.
 - (vi) En cualquier caso, el Nuevo Integrador Tecnológico deberá entregar el nuevo PMI del ITS No SIRCI, de acuerdo con lo dispuesto en la Sección 3.2 (e) en lo que resulte aplicable
 - (vii) Si se llegase a presentar esta situación, el Nuevo Integrador Tecnológico deberá entregar la documentación técnica establecida en la Sección 3.2 (e) del presente Anexo y, en todo caso, los plazos establecidos no serán objeto de modificación.
 - (viii) En consideración de lo anterior, el cambio del Integrador Tecnológico deberá ser aprobado por Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión.
 - (ix) Todo retraso en los procesos de entrada y vinculación de Flota que sea generado por esta situación serán responsabilidad exclusiva del Concesionario de Provisión.
- (c) Equipo de trabajo
- (i) El Concesionario de Provisión deberá radicar y presentar a Transmilenio, en un término no mayor a los treinta (30) Días siguientes a la Fecha de Inicio del Contrato

de Concesión de Provisión, mediante una Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, las hojas de vida y datos de contacto del personal que deberá realizar la gestión y seguimiento al cumplimiento de los requerimientos del presente Anexo, durante el desarrollo e implementación del ITS No SIRCI desplegado por el Integrador Tecnológico.

- (ii) El equipo de trabajo deberá contar, como mínimo, con los siguientes perfiles:
 - (A) Un administrador ITS No SIRCI, quien deberá estar vinculado durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.
 - (B) Un especialista en ITS, quien actuará como coordinador de la implementación del ITS No SIRCI. Este miembro deberá permanecer, como mínimo, vinculado hasta la finalización del Periodo de Estabilización.
 - (C) Un especialista en interoperabilidad, quien deberá estar vinculado, como mínimo, hasta la finalización del Periodo de Estabilización.
- (d) Documentos del ITS No SIRCI para cada tipología de Bus (*Articulado y Biarticulado*): el Concesionario de Provisión deberá radicar y presentar a Transmilenio en un término no mayor a los sesenta (60) Días siguientes a la Fecha de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión, mediante una Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, el Plan Maestro de Implementación.
- (e) El PMI deberá incluir una descripción de las actividades, estrategias, procesos, tiempos y pruebas que deberá desarrollar el Concesionario de Provisión para lograr el Despliegue del ITS No SIRCI, diseñado para el cumplimiento del presente Anexo. Para tal fin, el Concesionario de Provisión deberá elaborar un cronograma de implementación, el cual deberá estar coordinado con el Cronograma de Entrega de la Flota, ITS e Infraestructura de Recarga Eléctrica. Dicho cronograma deberá incluir, como mínimo, lo siguiente:
 - (i) La descripción detallada de las actividades a realizar y mecanismos de seguimiento por parte del Concesionario de Provisión.
 - (ii) Las fechas de instalación y pruebas de cada uno de los componentes de los sistemas y subsistemas del ITS No SIRCI.
 - (iii) Las actividades asociadas a la Interoperabilidad del ITS No SIRCI o los que hagan sus veces instalados en el Bus, en función de la conectividad e intercambio de datos con el CDEG.
 - (iv) Los tiempos de análisis, fabricación, suministros, entrega, instalación, configuración, pruebas y puesta en servicio de cada elemento del ITS No SIRCI.

- (v) La presentación del Prototipo en Ambiente Controlado, el Prototipo en Bus y el Prototipo en Bus en Sitio en los términos de lo establecido en la Sección 3.4 del presente Anexo.
- (vi) Las actividades de verificación del inventario y funcionalidades del ITS No SIRCI en la Flota.

Adicionalmente, el Concesionario de Provisión deberá realizar y entregar los siguientes documentos y actividades:

- (i) Las fichas técnicas del ITS No SIRCI, y de todos y cada uno de los dispositivos que lo integren, las cuales deberán cumplir, como mínimo, con los siguientes requisitos:
 - (A) Deberán contener las Especificaciones Técnicas solicitadas en los requisitos no funcionales descritos en el presente Anexo.
 - (B) Los documentos expedidos por los fabricantes cuando hayan sido emitidos en idioma castellano no requerirán traducción oficial. En caso de estar redactados en un idioma distinto, deberán presentarse acompañados de la traducción oficial al Castellano, con la firma debidamente legalizada conforme a las normas vigentes. Cuando los documentos hayan sido expedidos en el exterior, deberán estar debidamente apostillados, según corresponda.
 - (C) Lo anterior aplica de la misma manera para los certificados expedidos por laboratorios acreditados y documentos de justificación técnica (para los casos de homologación de requerimientos).
 - (D) El Concesionario de Provisión deberá revisar previamente las fichas técnicas siguiendo el formato que para el efecto Transmilenio disponga.
 - (E) De conformidad con lo previamente expuesto, las fichas técnicas serán revisadas y aprobadas por Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión. En caso de que el Concesionario de Provisión adquiriera el equipamiento del ITS No SIRCI antes de que Transmilenio emita Notificación de no objeción este asumirá los mayores costos derivados de la adquisición sin aprobación de Transmilenio.
- (ii) El plan de pruebas, validación y verificación:
 - (A) El Concesionario de Provisión deberá realizar y entregar el plan para la realización de las pruebas unitarias y en conjunto del ITS No SIRCI, de manera local y remota, sobre un Bus ubicado en la Infraestructura de

Soporte y/o en marcha, para evidenciar la funcionalidad de los requisitos y los comportamientos de los diferentes equipamientos o sistemas que hacen parte del ITS No SIRCI.

- (B) El plan de pruebas deberá permitir la verificación de la funcionalidad del Sistema de Gestión de Energía en los términos de lo dispuesto en el presente Anexo para verificar el adecuado suministro energético a la Flota.
 - (C) Este plan se deberá articular a la prueba de ruta durante la Etapa Preoperativa de la que trata el Anexo 15 del Contrato de Concesión de Provisión.
 - (D) En caso de considerarlo necesario, para la adecuada verificación del cumplimiento de las Especificaciones Técnicas, Transmilenio podrá requerir pruebas adicionales a las presentadas por el Concesionario de Provisión en este plan de pruebas.
- (iii) El Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento: El Concesionario de Provisión deberá elaborar, implementar y entregar al Operador Designado por Transmilenio un Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento, orientado a garantizar la transferencia de conocimientos técnicos y operativos para el Mantenimiento del ITS No SIRCI. Este Plan tendrá como propósito asegurar el correcto funcionamiento y aplicación del Mantenimiento durante la Etapa de Operación y Mantenimiento por parte del Operador Designado por Transmilenio, a partir de la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota por cada Lote de Flota. Así mismo, deberá contemplar un procedimiento de calidad que permita identificar los errores y fallas recurrentes y sistematizarlos para actualizar el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.

Finalmente, el Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento, deberá incluir lo referente a la administración y operación del Sistema de Tickets del que trata la Sección 5.9 del presente Anexo y el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión para el Operador Designado por Transmilenio y Transmilenio.

- (iv) El Plan de Capacitaciones: el Concesionario de Provisión deberá definir y presentar las Condiciones Mínimas del Plan de Capacitación para Transmilenio en los términos establecidos en el Anexo 11 del Contrato de Concesión de Provisión.
- (v) Las Garantías: el Concesionario de Provisión deberá presentar las condiciones, alcance y forma de solicitud de las Garantías de cada uno de los equipos que hacen parte del ITS No SIRCI en los términos establecidos en la Sección 5.2 del presente Anexo.

(vi) Los protocolos de articulación con otros actores:

- (A) El Concesionario de Provisión deberá suscribir los acuerdos, contratos o instrumentos jurídicos que resulten necesarios con terceros (tales como el Concesionario SIRCI), en los que se establezcan las condiciones de interacción, integración y articulación requeridas para el adecuado funcionamiento del ITS No SIRCI.
- (B) El Concesionario de Provisión deberá incluir en el PMI una identificación de dichos posibles terceros, así como la manera a través de la cual se deberá emplear dicha articulación y coordinación.
- (C) El Concesionario de Provisión deberá suscribir el contrato de servicio de telecomunicaciones del que trata la Sección 4.8 del presente Anexo.

3.3 Procedimiento de verificación del PMI

El Concesionario de Provisión deberá entregar la última versión del PMI que atienda en debida forma las observaciones que Transmilenio haya presentado a más tardar el Día ciento veinte (120), contado desde la Fecha de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión. Transmilenio dispondrá de un plazo de quince (15) Días contados desde la recepción de la última versión del PMI, para emitir la no objeción del mismo, o, en su defecto, para señalar las observaciones que deberán ser atendidas y subsanadas por el Concesionario de Provisión como requisito para su aprobación.

Para efectos de la revisión de dicho PMI, el Concesionario de Provisión deberá entregar un borrador del PMI al menos cada treinta (30) Días, contados a partir de la Fecha de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión. A cada una de estas versiones Transmilenio podrá, de considerarlo pertinente, presentar las observaciones que considere necesarias para garantizar la adecuada elaboración y actualización del PMI.

El proceso para realizar las revisiones y observaciones que surjan como resultado de la documentación entregada por el Concesionario de Provisión, será el que se describe a continuación:

(a) Por parte de Transmilenio:

- (i) Transmilenio dispondrá de un plazo de quince (15) Días, contados a partir de la radicación de la Notificación efectuada por el Concesionario de Provisión en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, para revisar la documentación técnica presentada por este.
- (ii) Concluida la revisión, Transmilenio emitirá la correspondiente Notificación en los términos del Contrato de Concesión al Concesionario de Provisión, mediante la cual:
 - (i) otorgará la no objeción, confirmando que la documentación presentada se ajusta

a lo dispuesto en el presente Anexo o (ii) formulará las objeciones a que haya lugar, indicando las observaciones que deberán ser atendidas y subsanadas por el Concesionario de Provisión como requisito para su aprobación, dentro de los plazos establecidos.

(b) Por parte del Concesionario de Provisión:

- (i) El Concesionario de Provisión tendrá quince (15) Días para ajustar y subsanar la documentación de acuerdo con las observaciones de Transmilenio.
- (ii) El Concesionario de Provisión deberá coordinar y participar en las mesas de trabajo con la intervención del Integrador Tecnológico y de los demás los actores que determine Transmilenio, con el fin de atender y resolver oportunamente las observaciones formuladas sobre la documentación técnica presentada por el Concesionario de Provisión.
- (iii) Una vez realizados los ajustes, el Concesionario de Provisión deberá radicar nuevamente la documentación ajustada ante Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión, para su revisión y posterior Notificación de no objeción por parte de Transmilenio.
- (iv) El procedimiento descrito en la presente Sección deberá surtir de manera sucesiva y reiterada cada vez que la documentación presentada sea objeto de observaciones o modificaciones, y se entenderá agotado únicamente cuando Transmilenio emita la correspondiente Notificación de no objeción respecto de la documentación técnica presentada.

(c) Resultado de la revisión y subsanación

- (i) Las adecuaciones y/o modificaciones que deba hacer el Concesionario de Provisión durante la ejecución del Contrato de Concesión de Provisión al PMI con el objeto de garantizar la obtención de los resultados exigidos en este Anexo serán a su costo y riesgo. Luego de subsanadas las observaciones por parte del Concesionario de Provisión, Transmilenio emitirá una no objeción sobre el PMI, conforme la Notificación de la que trata el Contrato de Concesión de Provisión, la cual será condición precedente para la implementación del Prototipo en Ambiente Controlado.
- (ii) Las adecuaciones y/o modificaciones que deba hacer el Concesionario de Provisión durante la ejecución del Contrato de Concesión de Provisión al PMI con el objeto de garantizar la obtención de los resultados exigidos en este Anexo serán a su costo y riesgo. Lo anterior, ya que el Concesionario de Provisión mantiene siempre la

obligación de ejecutar todas las actividades requeridas para cumplir con los resultados señalados en este Anexo.

- (iii) La no objeción del PMI no presupone que la solución que eventualmente entregue el Concesionario de Provisión satisfaga la obligación de resultado de cumplir con la implementación del ITS No SIRCI que en ese sentido asume por virtud de este Anexo. Por lo anterior, el Concesionario de Provisión no podrá basarse en dicha no objeción para exculpar ni limitar en forma alguna el cumplimiento de las obligaciones de resultado que este Anexo le asigna en relación con el ITS No SIRCI.

3.4 Presentación e inspección de los prototipos del ITS No SIRCI

- (a) Presentación del Prototipo en Ambiente Controlado: El Concesionario de Provisión deberá presentar a Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, el ITS No SIRCI diseñado en un Ambiente Controlado. Para tal fin, el Concesionario de Provisión deberá realizar las siguientes actividades:
 - (i) La presentación del Prototipo en Ambiente Controlado. Lo anterior deberá ser programado en el cronograma de implementación del PMI, en consideración con los tiempos establecidos en el Cronograma de Entrega de la Flota, ITS e Infraestructura de Recarga Eléctrica.
 - (ii) El Concesionario de Provisión, deberá realizar en conjunto con Transmilenio las pruebas funcionales que permitan evidenciar el cumplimiento de todos los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en el presente Anexo. Para tal efecto, Transmilenio podrá realizar, de manera potestativa, pruebas adicionales que permitan evidenciar el cumplimiento de los requisitos previamente señalados.
 - (iii) El ITS No SIRCI deberá estructurar y enviar la trama P20 al CDEG en los términos definidos en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y el Diccionario de Datos, a través del protocolo MQTT, mediante la conexión con la cola de mensajería que Transmilenio dispondrá para este propósito en Ambiente QA del CDEG. Para el Prototipo en Ambiente Controlado del ITS No SIRCI es viable la simulación del CANBUS, la cual deberá permitir la generación y envío de las variables requeridas para ello.
 - (iv) El ITS No SIRCI deberá permitir el acceso al video por demanda del STS en los términos definidos en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y el Diccionario de Datos.
 - (v) El Concesionario de Provisión tendrá la obligación de medir el consumo de voltaje corriente y potencia del ITS No SIRCI bajo diversos escenarios de procesamiento, con el fin de obtener la información necesaria para validar el diseño del sistema

SARE. Transmilenio revisará y aprobará esta información, y emitirá la no objeción mediante Notificación según lo dispuesto en el Contrato de Concesión de Provisión.

- (vi) Transmilenio deberá aprobar el Prototipo en Ambiente Controlado del ITS No SIRCI, como condición previa para autorizar el Despliegue de la solución diseñada en el Prototipo en Bus, de conformidad con el formato que dispondrá Transmilenio para tal fin. El Concesionario de Provisión estará obligado a atender y resolver todas las observaciones que formule Transmilenio, en el marco del cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales descritos en el presente Anexo.
- (b) Presentación del ITS No SIRCI en el Prototipo en Bus: el Concesionario de Provisión deberá presentar el ITS No SIRCI en el Prototipo en Bus, conforme las siguientes consideraciones:
- (i) El Concesionario de Provisión deberá presentar a Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, el Prototipo en Bus del ITS No SIRCI. Lo anterior deberá ser programado en el cronograma de implementación del PMI, en consideración con los tiempos establecidos en el Cronograma de Entrega de la Flota, ITS e Infraestructura de Recarga Eléctrica.
 - (ii) El ITS No SIRCI deberá estructurar y enviar la trama P20 y P60 al CDEG en los términos definidos en el Diccionario de Datos y el Documento de Interacciones ITS No SIRCI, a través del protocolo MQTT, mediante la conexión con la cola de mensajería que Transmilenio dispondrá para este efecto en Ambiente QA del CDEG. El Prototipo en Bus del ITS No SIRCI, deberá integrar las variables capturadas a través del CANBUS del Bus.
 - (iii) El ITS No SIRCI deberá estructurar y almacenar todas las tramas locales definidas en el Diccionario de Datos y el Documento de Interacciones ITS No SIRCI, así como los videos que se generen por la obturación del botón de pánico.
 - (iv) Transmilenio deberá aprobar el Prototipo en Bus del ITS No SIRCI, como condición previa para autorizar su presentación en sitio para pruebas, de conformidad con el formato que dispondrá Transmilenio para tal fin. El Concesionario de Provisión estará obligado a atender y resolver todas las observaciones que formule Transmilenio, en el marco del cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales descritos en el presente Anexo.
- (c) Presentación del ITS No SIRCI en el Prototipo en Bus en Sitio: el Concesionario de Provisión deberá presentar el ITS No SIRCI en el Prototipo en Bus en Sitio, conforme las siguientes consideraciones:

- (i) El Concesionario de Provisión deberá presentar el Prototipo en Bus en Sitio para realizar las pruebas del cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales del ITS No SIRCI. Lo anterior deberá ser programado en el cronograma de implementación del PMI, en consideración con los tiempos establecidos en el Cronograma de Entrega de la Flota, ITS e Infraestructura de Recarga Eléctrica.
- (ii) El ITS No SIRCI deberá estructurar y enviar todas las tramas periódicas de Eventos y de Alarmas al CDEG en los términos definidos en el Diccionario de Datos y el Documento de Interacciones ITS No SIRCI, a través del protocolo MQTT, mediante la conexión con la cola de mensajería que Transmilenio dispondrá para este efecto en Ambiente QA del CDEG. El Prototipo en Bus en Sitio para la realización de pruebas del ITS No SIRCI, deberá integrar las variables capturadas a través del CANBUS del Bus.
- (iii) El ITS No SIRCI deberá estructurar y almacenar todas las tramas locales definidas en el Diccionario de Datos y el Documento de Interacciones ITS No SIRCI, así como los videos que se generen por la obturación del botón de pánico.
- (iv) Transmilenio deberá aprobar el Prototipo en Bus en Sitio del ITS No SIRCI, como condición previa para autorizar la instalación del ITS No SIRCI en la totalidad de la Flota, en el formato que dispondrá Transmilenio para tal fin. El Concesionario de Provisión estará obligado a atender y resolver todas las observaciones que formule Transmilenio, en el marco del cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales descritos en el presente Anexo.

3.5 Entrega y verificación del inventario y funcionalidades en la Flota

El Concesionario de Provisión deberá entregar el inventario del ITS No SIRCI por cada uno de los Buses, el cual será verificado en campo por Transmilenio, a través del formato que para el efecto este dispondrá. Este inventario será incorporado en el Inventario de Activos conforme lo dispuesto en el Contrato de Concesión de Provisión. Lo anterior deberá ser programado en el cronograma de implementación del PMI, en consideración con los tiempos establecidos en el Cronograma de Entrega de la Flota, ITS e Infraestructura de Recarga Eléctrica

La verificación realizada por Transmilenio deberá abarcar la correcta instalación y el adecuado funcionamiento del ITS No SIRCI de la Flota, con el fin de garantizar el cumplimiento de todos los requisitos funcionales establecidos en el presente Anexo 3. Una vez revisado el inventario del que trata la presente Sección por parte de Transmilenio, este emitirá la Notificación de no objeción según lo dispuesto en el Contrato de Concesión de Provisión, para dar paso a la vinculación del Bus al SITP.

El Concesionario de Provisión estará obligado a atender y resolver todas las observaciones que formule Transmilenio, en el marco del cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales descritos en el presente Anexo, hasta dejar plenamente entregado y verificado el inventario y las funcionalidades del ITS No SIRCI en la Flota, a satisfacción de Transmilenio.

3.6 Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI

El Concesionario de Provisión deberá radicar a Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, en un término no mayor a los trescientos treinta (330) Días siguientes a la Fecha de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión, mediante una Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI, el cual deberá contemplar lo dispuesto en la Sección 5.7 del presente Anexo 3.

4. SISTEMAS QUE COMPONEN EL ITS NO SIRCI Y SU INTEGRACIÓN CON EL CDEG

La implementación del ITS No SIRCI en la Flota tiene como objetivo optimizar la operación, fortalecer los niveles de seguridad y mejorar la experiencia del usuario, mediante la integración de tecnologías avanzadas en las diferentes áreas del servicio.

El Concesionario de Provisión tendrá la obligación de asegurar el cumplimiento de la Metodología en V, del presente Anexo, y de los demás documentos contractuales, adelantando, entre otras, las siguientes actividades: (a) diseño, (b) desarrollo, (c) pruebas, (d) implementación, (e) Estabilización y selección de los proveedores que ofrezcan las mejores condiciones, así como todas aquellas actuaciones que resulten necesarias para garantizar el correcto funcionamiento y operatividad del ITS No SIRCI.

De igual forma, corresponderá al Concesionario de Provisión aprovisionar todos los sistemas y subsistemas aquí descritos, con el objetivo de asegurar su Interoperabilidad cuando resulte requerida y su plena coherencia con los requisitos funcionales y no funcionales establecidos.

El ITS No SIRCI comprende los sistemas descritos en esta Sección del presente Anexo. En concordancia con lo anterior, a continuación, se presenta cada uno de dichos sistemas y subsistemas indicando los requisitos funcionales y no funcionales aplicables a cada uno de ellos, conforme lo establece la Figura 2:

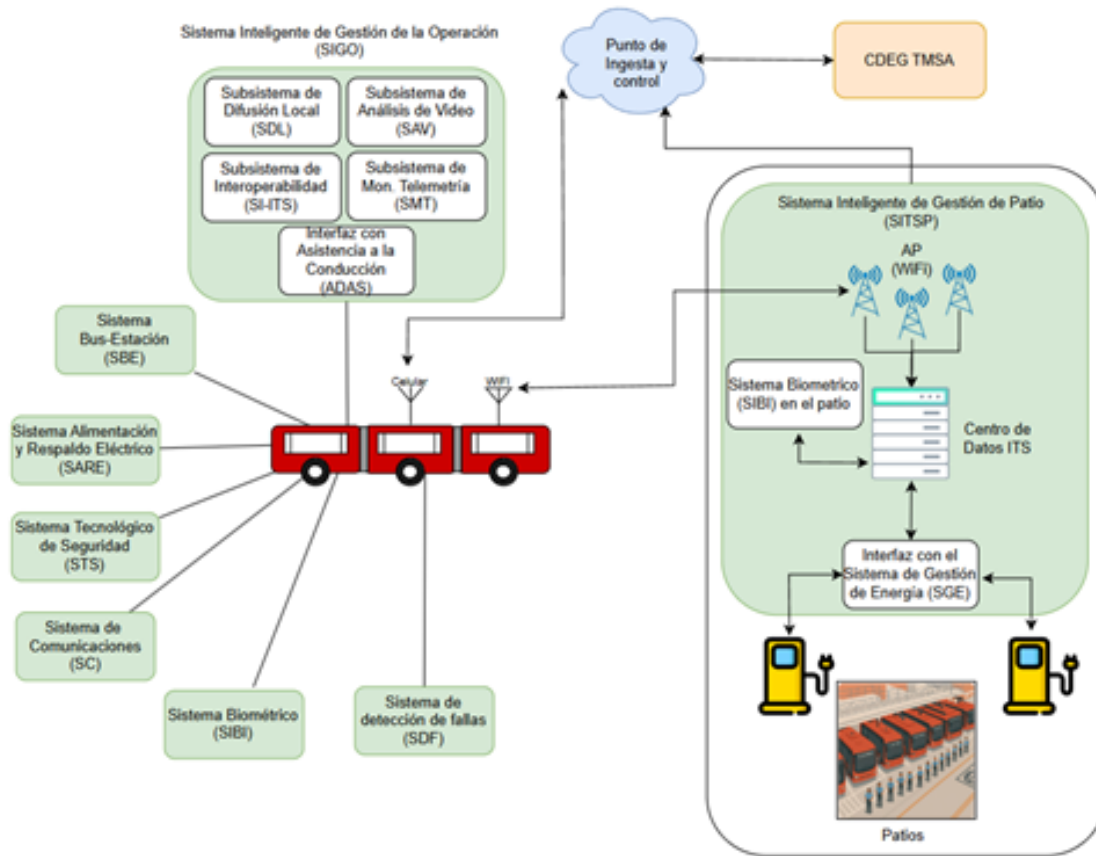


Figura 2. ITS No SIRCI (sistemas y subsistemas)

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio.

4.1 El Sistema Tecnológico de Seguridad (STS)

Este sistema se fundamenta en el despliegue de un CCTV al interior del Bus y está compuesto por un HWV y cámaras de conectividad tipo IP ubicadas en diversas posiciones del Bus para el desarrollo de acciones de vigilancia. Dicho sistema deberá grabar y almacenar la información audiovisual registrada, y contar con la capacidad de compartirla, mediante flujos de video vía *sockets* u otra solución equivalente, con los demás sistemas del ITS No SIRCI, en especial con el OBC, desde donde se realizará el análisis de video.

Al respecto, la utilización de cámaras IP responde a un estándar clave, en tanto constituyen la tecnología más adecuada para cumplir con estos requerimientos de manera eficiente y robusta.

Así las cosas, el STS deberá procesar Eventos de entrada generados desde el habitáculo del conductor y ejecutar las funciones previstas en sus requerimientos de software, tales como: (a) la descarga automática de información local conectados directamente al HWV, (b) la descarga diaria

de la información disponible a través de la red Wi-Fi en el SITSP, (c) la consulta y extracción remota de los videos, (d) la supervisión de su estado de salud, (e) y la Interoperabilidad con el CDEG, mediante el Diccionario de Datos definido por Transmilenio.

En consecuencia, la información aquí descrita deberá poder ser utilizable por Transmilenio, para su articulación con los procesos y/o procedimientos operativos que correspondan, los cuales permitirán tomar acciones tanto en tiempo real de operación como fuera de línea, en cumplimiento de los objetivos de seguridad del sistema.

A continuación, se describen los requisitos mínimos funcionales y no funcionales que deberá cumplir el Concesionario de Provisión frente al STS del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(a) Requisitos funcionales del STS

- (i) RF001-STSP: El HWV, en conjunto con los demás sistemas y subsistemas del ITS No SIRCI, deberá gestionar las solicitudes RTSP generadas desde el CDEG, de manera que pueda atender hasta un máximo de tres (3) peticiones simultáneas por cámara, respondiendo adecuadamente con los respectivos *streams* de video.

Cada transmisión de contenido audiovisual deberá incluir, de manera actualizada en tiempo real, las siguientes etiquetas: (i) la velocidad del Bus (km/h), (ii) el identificador del Bus (ID del Móvil), (iii) la identificación del conductor generado por la UR-Bi, (iv) la latitud, la longitud, la hora y la fecha, (vi) y el nombre de la cámara.

Lo anterior con el objetivo de que el usuario que visualice este contenido pueda identificar el Bus y sus atributos correspondientes.

- (A) El ITS No SIRCI deberá contar con una solución de telecomunicaciones en los términos de la Sección 4.8 del presente Anexo, a bordo del Bus que garantice ancho de banda suficiente para transmitir de manera continua y eficiente el video en *streaming* de todas las cámaras instaladas en el Bus. Esta transmisión deberá poder realizarse tanto de forma completa (todas las cámaras de manera simultánea) como de forma parcial. Eso permitirá a Transmilenio seleccionar en tiempo real el número de cámaras a transmitir, según las necesidades operativas o de monitoreo.
- (B) El canal de telecomunicaciones deberá ser capaz de soportar el tráfico de video proveniente de múltiples cámaras de manera concurrente, con el objetivo de garantizar que no se afecte la calidad de la transmisión. A su vez, deberá ofrecer la flexibilidad necesaria para ajustar, en cualquier momento,

el número de videos a transmitir, de acuerdo con los requerimientos específicos de Transmilenio en cualquier momento.

- (C) Asimismo, el Concesionario de Provisión deberá contemplar en su ITS No SIRCI escenarios de transmisión de video de baja demanda, utilizando los esquemas de protocolos RTSP, HLS o WebRTC, mediante los *streams* secundarios y en coherencia con la cantidad de FPS que se defina desde el CDEG, considerando que estos pueden llegar incluso al máximo número de FPS que se dispongan en las cámaras, cuando así lo requiera Transmilenio.
- (ii) RF002-ST5: El HWV deberá estar en capacidad de responder a comandos de visualización de video almacenado correspondientes, como mínimo, a los cinco (5) minutos anteriores al momento en que se realice la solicitud de acceso a las diferentes cámaras.
- (A) Dicho acceso podrá efectuarse de manera individual por cámara, cuando así se requiera, con el fin de visualizar de forma remota y en tiempo real situaciones acontecidas en el pasado a una resolución mínima de ocho (8) FPS, la cual deberá ser configurable por Transmilenio.
 - (B) El acceso remoto podrá realizarse a través del cliente web que disponga el fabricante del HWV o, en su defecto, mediante el uso de protocolos RTSP, HLS o WebRTC, en coherencia con lo que se articule con el CDEG.
 - (C) Esta funcionalidad deberá estar disponible tanto cuando el Bus se encuentre en movimiento, como durante su permanencia en reposo en el Patio asignado al Operador Designado por Transmilenio, siempre que el ITS No SIRCI se encuentre en funcionamiento.
 - (D) Ahora bien, en relación con las cámaras IP que registran el entorno exterior del Bus, incluyendo la cámara trasera y delantera, estas deberán transmitir y grabar a su máxima resolución, con una frecuencia de treinta (30) FPS, valor que deberá ser configurable.
 - (E) El Concesionario de Provisión deberá implementar en el ITS No SIRCI, los medios necesarios que garanticen el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 181 de la Ley 2294 de 2023 sobre la instalación de los sistemas automáticos, semiautomáticos u otros medios tecnológicos, fijos o móviles para la detección de infracciones en la infraestructura de los sistemas de transporte.

- (iii) RF003-STTS: El HWV deberá estar en la capacidad de adquirir y enviar datos, así como de gestionar los estados de sus entradas y salidas (I/O) a través del puerto de propósito general (en adelante “GPIO”), de manera que pueda integrarse con diferentes funcionalidades de software al interior del dispositivo y en consideración a los requisitos funcionales o no funcionales dispuestos en el presente Anexo, por ejemplo, cuando se obtura el botón de pánico.
- (iv) RF004-STTS: El HWV deberá estar en la capacidad de correr el software sobre el sistema operativo, el cual deberá ser código libre (*Open Source*). Este software deberá estar diseñado, desarrollado e implementado por el Concesionario de Provisión y/o a quién este designe, bajo prácticas de seguridad pertinentes. Este software deberá ser verificado en los escenarios de presentación de prototipos por Transmilenio o a quién este delegue, previo a su despliegue. Solo se permitirá el uso de software propietario en caso de que el fabricante del equipo brinde Garantía sobre los ajustes funcionales que se requieran para cumplir con los requisitos funcionales y no funcionales del HWV y brinde el soporte para hacer los ajustes que se requieran para este fin.

- (v) RF005-STTS: El HWV deberá implementar un proceso automático que permita identificar la inserción de un dispositivo de almacenamiento USB validado mediante un sistema de protección del tipo “*Hardware Key*”, lo cual deberá garantizar que únicamente los dispositivos autorizados puedan activar el proceso de descarga.

Una vez detectada una inserción válida, el sistema deberá ejecutar la descarga completa de los archivos de video generados por todas las cámaras embarcadas, respetando la ventana de tiempo configurada por Transmilenio.

Dicha ventana de descarga deberá ser parametrizable y permitir su configuración dinámica a través de las tramas de parametrización definidas para el Bus.

- (vi) RF006-STTS: El HWV deberá implementar un proceso automático que identifique la obturación del botón de pánico, a través de la señal eléctrica de entrada dispuesta sobre los puertos GPIO. Esta señal de obturación deberá activar las acciones pertinentes para el alistamiento y posterior envío de los videos al CDEG. Esta señal y /o trama está definida en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos.
- (vii) RF007-STTS: El HWV deberá implementar un proceso automático que tome el video con audio, de cada una de las cámaras instaladas en el Bus, correspondiente a los cinco (5) minutos anteriores y los cinco (5) minutos posteriores a la identificación de la señal eléctrica de obturación del botón de pánico. Este elemento se deberá

articular con el ITS SIRCI, motivo por el cual se requiere derivar una salida para el ITS No SIRCI por parte del Concesionario de Provisión.

- (viii) RF008-STC: El HWV deberá contar con la capacidad de almacenar la información de video usando códecs de compresión de video de los codecs H.264, H.265 o H.265+. La selección del códec de compresión deberá realizarse en función de los requerimientos de capacidad de almacenamiento del disco duro. Para el envío de videos al CDEG, será obligatorio para el Concesionario de Provisión el uso de los codecs H.264, H.265 y H.265+.
- (ix) RF009-STC: El HWV del Bus deberá almacenar los videos de todas las cámaras de forma continua por cuarenta y cinco (45) Días.
- (x) RF010-STC: El HWV del Bus deberá almacenar los videos haciendo uso de un mecanismo de buffer con ventana deslizante equivalente al tiempo de retención cuarenta y cinco (45) Días.
- (xi) RF011-STC: El HWV deberá administrar el almacenamiento de la información (videos y sus metadatos) en una estructura de árbol de carpetas organizadas cronológicamente por fecha (YYYYMMDD), a partir de la raíz. Esta organización deberá garantizar la integridad de la información y evitar su pérdida, corrupción o desbordamiento por límite de indexación.
- (xii) RF012-STC: El STC deberá generar la conexión a redes Wi-Fi 5 (802.11 ac) o superior, usando esquemas de comunicación inalámbrica en frecuencias de 2.4 GHz y 5GHz, preestablecidas dentro del Patio. Dichas redes deberán haber sido agregadas y autorizadas por usuarios con privilegios de administrador a través del SC.
- (xiii) RF013-STC: El HWV deberá permitir el acceso a su Sistema Operativo, a través de usuarios otorgados al Operador Designado por Transmilenio y/o a quien este delegue, con permisos suficientes para edición, supervisión y *debug*, que le permitan, tanto al desarrollador del software como al Administrador IT de Transmilenio, tener acceso a funcionalidad de este dispositivo, a través de comandos del tipo “Interfaz de Línea de Comandos” (en adelante “**CLI**”).Lo anterior deberá ir articulado al Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI para su Mantenimiento de Nivel Básico y su Mantenimiento de Nivel Intermedio, en los términos de la Sección 5.6 del presente Anexo.
- (xiv) RF014-STC: El Concesionario de Provisión deberá seguir los lineamientos, términos de referencia, resoluciones y, en general, toda la normativa aplicable establecida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (en adelante el “**IGAC**”) y la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (en adelante “**IDECA**”),

en referencia a la información de naturaleza espacial producida por el ITS No SIRCI, la cual deberá cumplir con los estándares y niveles de precisión indicados por las entidades en mención.

- (xv) RF015-STC: La solución de transmisión de datos provenientes de los Buses deberá contemplar el envío de información asociada la obturación del botón de pánico. Esta acción deberá tener la capacidad de ser notificada al CDEG mediante un SMS (el cual usa el canal de control) y, adicionalmente, a Transmilenio a través de un mensaje bajo protocolo MQTT. El contenido tanto del SMS como del mensaje MQTT será definido en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos. A continuación, se presentan los aspectos mínimos que el Concesionario de Provisión deberá seguir respecto a esta funcionalidad:
 - (A) Canal primario (por red de datos móviles): en condiciones normales de cobertura, el Evento deberá ser enviado utilizando la red móvil de datos, mediante el canal seguro dispuesto para la transmisión de alertas hacia el CDEG, es decir, como se defina en coherencia con el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y el Diccionario de Datos.
 - (B) Canal alternativo (por SMS) obligatorio: El Evento deberá ser transmitido mediante un mensaje de texto SMS enviado directamente a un número celular designado por Transmilenio. Este canal alternativo deberá garantizar la entrega efectiva de la alerta sin depender de conectividad de datos.
 - (C) El contenido estructurado del mensaje SMS estará definido por Transmilenio en el Diccionario de Datos.
- (xvi) RF016-STC: El software que corre en el HWV, deberá implementar un módulo de *"almacenamiento después del apagado del Bus"*, el cual deberá estar en la capacidad de almacenar todo el material audiovisual generado por las cámaras del STS durante cinco (5) minutos posteriores al apagado del Bus. El tiempo de retención de este material deberá ser de cuarenta y cinco (45) Días.
- (xvii) RF017-STC: El Bus deberá estar equipado con una cámara IP orientada hacia el conductor, diseñada para capturar su rostro de manera clara y completa. La cámara deberá garantizar una cobertura suficiente para registrar un contenido audiovisual que sirva como insumo en el análisis de conductas de seguridad y aspectos operativos.

Su funcionamiento deberá ser continuo, para asegurar la grabación ininterrumpida durante la operación del Bus. Asimismo, esta cámara deberá formar parte de la emisión de video enviada al momento de obturar el botón de pánico.

- (xviii) RF018-STC: La cámara del conductor constituye un elemento de captura de video que permitirá la monitorización del conductor durante la operación del Bus. El material audiovisual generado por esta cámara deberá ser enviado al CDEG de Transmilenio, en caso de presentarse alguna incidencia en el Bus (por ejemplo: obturación del botón de pánico). El STC deberá almacenar en todo momento la información relativa a lo que ocurra al interior del Bus.

Adicionalmente, esta cámara permitirá al CDEG identificar el momento exacto en el que el conductor inicia y finaliza su operación, con el fin de regular el tiempo de conducción de cada uno de ellos.

- (xix) RF019-STC: La cámara del conductor deberá permitir el acceso remoto a su transmisión en tiempo real mediante protocolos como RTSP, conforme a lo establecido técnicamente en los apartados anteriores y utilizando los protocolos definidos.

Además, el HWV al cual se encuentre conectada la cámara deberá almacenar el contenido capturado bajo las condiciones definidas en el presente Anexo. El *stream* de video de esta cámara deberá ser compatible con el OBC, a fin de que pueda ser utilizado para fines analíticos en el Container lab.

- (xx) RF020-STC: El STC deberá implementar una función que permita la captura de la imagen del rostro del conductor. En caso de que la cámara no cuente con la capacidad de ejecutar el algoritmo de identificación de rostros, dicha funcionalidad podrá extraerse mediante esquemas de software del STC, estar desplegada en el HWV o, en su defecto, alcanzarse a través del componente hardware y/o software que evidencie la arquitectura del ITS No SIRCI propuesta.

- (xxi) RF021-STC: El STC deberá implementar una función para enviar al CDEG, en los términos determinados por Transmilenio, la información asociada a la imagen del rostro del conductor, tanto al inicio como al final de la operación.

(A) Esta imagen deberá ser procesada y analizada de manera adecuada, para lo cual utilizará para su envío el procedimiento definido por el CDEG de Transmilenio, el cual comprende el formato de intercambio de datos, los protocolos y los esquemas de seguridad correspondientes.

(B) La información de la que trata este requisito funcional deberá ajustarse a lo establecido en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos, con el fin de garantizar la Interoperabilidad entre los diversos STC de cada Bus y evitar inconvenientes en su integración.

- (xxii) RF022-STC: El STS deberá implementar una función que permita realizar la captura de la imagen del conductor en el momento en que se realice el cambio de conductor.
- (xxiii) RF023-STC: El STS deberá implementar una función para permitir guardar en el dispositivo de almacenamiento el video y las imágenes del conductor cada vez que sean capturadas, mientras el Bus permanezca encendido, así como durante los cinco (5) minutos posteriores a su apagado.
- (xxiv) RF024-STC: El STS deberá implementar una función que permita reintentar el envío de la información asociada al botón de pánico o a las funcionalidades del STS de en caso de presentarse fallas en las comunicaciones, hasta lograr la transmisión exitosa de los datos al CDEG.
- (xxv) RF025-STC: El STS deberá seguir el procedimiento establecido por el CDEG, asignado por Transmilenio, para el consumo de los servicios web destinados para el intercambio de información. Dicho procedimiento comprenderá: (i) el formato intercambio de datos, y (ii) los protocolos y esquemas de seguridad establecidos de conformidad con lo previsto en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos.
- (xxvi) RF026-STC: La cámara del conductor deberá incorporar un sistema de autoajuste para operación en condiciones de día y de noche (visión nocturna), así como capacidad de rango dinámico amplio (WDR). En caso de ser necesario, se deberán instalar luces adicionales que mejoren y optimicen la captura de video.
- (xxvii) RF027-STC: El STS deberá implementar una funcionalidad para permitir el envío de información al CDEG sobre la ausencia del conductor en su asiento, incluyendo la respectiva fotografía, conforme con lo establecido en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos establecido por Transmilenio.

Esta funcionalidad deberá estar habilitada únicamente cuando el Bus se encuentre en operación y no deberá activarse mientras el Bus permanezca en los Patios.
- (xxviii) RF028-STC: La cámara del conductor deberá instalarse de forma fija al interior del Bus, de tal manera que no pueda ser manipulada por el conductor mientras se encuentre en operación del Bus.
- (xxix) RF029-STC: El STS deberá garantizar la disponibilidad de imágenes y videos almacenados en el HWV, de acuerdo con la Cadena de Custodia establecida por Transmilenio.

(b) Requisitos no funcionales del STS

- (i) RNFS001-STTS: El ITS No SIRCI deberá contar con un hardware de supervisión para la gestión de HWV tipo NVR que atienda la gestión de video obtenido desde las cámaras propias del CCTV dispuestas en el Bus.

En relación con el diseño de la solución y de su arquitectura ITS No SIRCI, corresponderá al Concesionario de Provisión realizar los análisis pertinentes respecto de la tecnología a implementar a bordo de los Buses, siempre que ello se ajuste al cumplimiento cabal de sus obligaciones, en virtud de lo establecido en el presente Anexo.

- (ii) RNFS002-STTS: El HWV deberá contar con una CPU con velocidad y capacidad de memorias caché pertinentes y suficientes, que garanticen el procesamiento de operaciones y/o datos necesarios para el cumplimiento de su propósito de gestión de video.
- (iii) RNFS003-STTS El HWV deberá contar como mínimo con 4 GB de memoria RAM del tipo DDR4, o la necesaria para gestionar adecuadamente el desempeño de los procesos requeridos. Los *stream(s)* de video deberán ser compartidos en todo momento con el OBC vía *sockets*, y podrán utilizarse *substreams* de las cámaras IP para enviarlos directamente al OBC o mediante otro mecanismo aprobado por Transmilenio, dado que en el OBC realizará analítica de video. En consecuencia, corresponderá al Concesionario de Provisión elevar la memoria RAM del dispositivo cuando estime que los 4 GB mínimos no son suficientes, sin que tal incremento genere costo alguno para Transmilenio.
- (iv) RNFS004-STTS: El HWV deberá cumplir con las características propias de un equipo embarcado, capaz de operar en condiciones de vibración e impactos en un Bus. Para tal efecto, deberá contar con una certificación en el estándar MIL-STD-810G y permitir su validación bajo el método 514.8, categoría 4.
- (v) RNFS005-STTS: El HWV deberá cumplir con certificaciones de compatibilidad electromagnética EN50155.
- (vi) RNFS006-STTS: El HWV deberá contar con al menos un (1) puerto USB 3.0 o superior.
- (vii) RNFS007: El HWV deberá contar con al menos dos (2) puertos Ethernet del tipo GIGABIT con manejo de IPv4 e IPV6, preferiblemente en *dual stack*.
- (viii) RNFS008-STTS: El HWV deberá estar en la capacidad de incorporar puertos tipo POE, POE+ o Hi-POE suficientes para energizar las cámaras que interactúan con este dispositivo. Adicionalmente, deberán cumplir con la norma IEEE 802.3at o IEEE 802.3bt, en coherencia con el consumo de las cámaras de video.

- (A) De ser necesario, el HWV podrá hacer uso de un *switch* de red externo para extender las capacidades de red del HWV que cuente con iguales o mejores características de integración de cámaras, tales como POE, POE+ o Hi-POE en los términos de la presente Sección. Este *switch* de red deberá permitir la gestión del número de cámaras establecidas por Transmilenio para cubrir la totalidad del espacio en el Bus sin perder funcionalidades o rendimiento en el video o la información proveniente de las cámaras hacia el HWV.
 - (B) El Concesionario de Provisión podrá utilizar conectores M12 tipo aviación u otros conectores automotrices certificados, siempre que: (i) cumplan con los requisitos de robustez mecánica y resistencia a vibraciones exigidos para entornos vehiculares, (ii) soporten la transmisión de datos Ethernet y alimentación PoE conforme a las normas IEEE mencionadas previamente, y (iii) garanticen la compatibilidad eléctrica y funcional con las cámaras IP y el HWV.
 - (C) Para el cumplimiento del presente requisito no funcional, el Concesionario de Provisión deberá utilizar en el ITS No SIRCI cámaras IP y no análogas.
- (ix) RNFS009-STTS: El HWV deberá contar con conectores especiales para los cables LAN, los cuales podrán ser de tipo M12, y en número suficiente para gestionar la totalidad de las cámaras requeridas por cada cuerpo del Bus. Para su dimensionamiento, el Concesionario de Provisión podrá tomar en consideración lo dispuesto en el requerimiento (ix)RNF 009- STS anterior
 - (x) RNFS010-STTS: EL HWV deberá contar con una interfaz de tipo HDMI o VGA o DisplayPort que permita acceder a la salida de video de este dispositivo y que sea compatible con las pantallas o "*displays*" instalados a bordo de los Buses, o con el equipamiento necesario para procesos de depuración.
 - (xi) RNFS011-STTS: El HWV deberá contar con al menos una (1) interfaz de comunicación entre las tecnologías seriales del tipo RS232/RS485.
 - (xii) RNFS012-STTS: EL HWV deberá poder entregar el video en formatos de contenedor de video tipo MP4, AVI o MOV. Para tal fin, el Concesionario de Provisión, deberá utilizar el formato MP4 para los envíos de videos al CDEG. Asimismo, el HWV deberá estar en la capacidad de usar compresión en H.264 y/o H.265.
 - (xiii) RNFS013-STTS: El HWV deberá contar con puertos de propósito general de tipo GPIO de entrada dos (2) y salida dos (2), que permitan la integración de señales tipo TTL/CMOS 3.3/5VDC o de 12VDC al equipo. Estos puertos deberán posibilitar la

configuración de nuevas funcionalidades o aquellas que defina Transmilenio, en coherencia con el ITS No SIRCI implementado por el Concesionario de Provisión.

Los puertos GPIO previamente señalados, deberán contar con la capacidad de recibir señales digitales de entrada y/o salida de diferentes fuentes. En ese sentido, las funcionalidades de software al interior del HWV deberán recibir estas señales, entender su comportamiento y entregar un resultado de acuerdo con su procesamiento. Al ser señales digitales, el software que las reciba deberá actuar en consecuencia, generando alertamientos y Eventos orientados a la gestión del video propio de este tipo de dispositivos.

- (xiv) RNFS014-STTS: El HWV del Bus deberá contar como mínimo de cinco por ciento (5%) de almacenamiento libre incluido en el almacenamiento total.
- (xv) RNFS015-STTS: El HWV deberá tener la capacidad de ser gestionado por un sistema operativo de código libre (*Open Source*), el cual no podrá estar cerrado para posibles implementaciones que requiera Transmilenio. Solo se permitirá el uso de software propietario en caso de que el fabricante del equipo brinde Garantía sobre los ajustes funcionales que se requieran para cumplir con los requisitos funcionales y no funcionales del HWV y brinde el soporte para hacer los ajustes que se requieran para este fin.
- (xvi) RNFS016-STTS: El HWV deberá contar con un usuario y contraseña configurados que permitan a Transmilenio acceder fácilmente al equipo, tanto vía consola como vía web, para gestionar la descarga de videos requeridos. Dicho acceso deberá realizarse bajo los esquemas de seguridad pertinentes o, en su defecto, a través de lo previsto en el requerimiento funcional RF005 del STS.
- (xvii) RNFS017-STTS: El HWV deberá disponer de un botón de apagado y encendido, así como de una protección eléctrica mediante fusible, preferentemente incorporado desde Fábrica, de manera que garantice su adecuada instalación y operación en coherencia con su consumo de corriente.
- (xviii) RNFS018-STTS: El HWV deberá estar en capacidad de operar a una temperatura entre los -20°C y 60°C o en un rango superior, de acuerdo con las condiciones propias de un Bus de transporte público masivo de pasajeros en operación al interior de la ciudad.
- (xix) RNFS019-STTS: El HWV deberá tener un grado de protección como mínimo de IP54.
- (xx) RNFS020-STTS: El HWV deberá tener la capacidad de manejar al menos protocolos TCP/IP tales como: SSH (*Secure Shell*), SNMP (*Simple Network Management Protocol*), TCP (*Transmission Control Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*),

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), DNS (Domain Name System), HTTP/HTTPS (HyperText Transfer Protocol / Secure), FTP/SFTP (File Transfer Protocol / Secure File Transfer Protocol), NTP (Network Time Protocol), SSL/TLS (Secure Sockets Layer / Transport Layer Security), IPsec (Internet Protocol Security), 802.1X, RTSP (Real-Time Streaming Protocol), ONVIF (Open Network Video Interface Forum) S y G, RTP (Real-time Transport Protocol), RTMP (Real-Time Messaging Protocol); Podrá además de estos incluir los que se consideren necesarios de acuerdo con la arquitectura del ITS No SIRCI.

- (xxi) RNFS021-STIS: El HWV deberá contar con luces LEDs indicadores de verificación de operación de encendido.
- (xxii) RNFS022-STIS: El HWV deberá tener un voltaje de operación en un rango de 9VDC a 36 VDC.
- (xxiii) RNFS023-STIS: El ITS No SIRCI deberá contar con Cámaras IP - protocolo IPv4 e IPv6 en dual *stack*, estándar IEEE 802.3 AF Tipo 1.

Además, deberá ser compatible con ONVIF (ONVIF® Profile G, ONVIF® Profile M, ONVIF® Profile S y ONVIF® Profile T), profile S/G versión 2.0 o superior, que contemple USGv6, HTTP, HTTPS, HTTP/2, TLS, QoS Layer 3 DiffServ, FTP, SFTP, CIFS/SMB, SMTP, mDNS (Bonjour), UPnP, SNMP, v1/v2c/v3 (MIB-II), DNS/DNSv6, DDNS, NTP, RTSP, RTP, SRTP, TCP, UDP, IGMPv1/v2/v3, RTCP, ICMP, DHCPv4/v6, ARP, SOCKS, LLDP.

En caso de que las Cámaras IP no incorporen de manera nativa alguno de los perfiles ONVIF antes señalados, el HWV deberá garantizar su Interoperabilidad y soporte funcional dentro de la solución ITS No SIRCI.

- (xxiv) RNFS024-STIS: Las cámaras IP deberán tener una resolución mínima de 1080p o superior, y deberán ser capaces de operar con relaciones de aspecto 4:3 y 16:9.
- (xxv) RNFS025-STIS: Las cámaras IP deberán contar con un índice de protección mínimo IP66 e IK10.
- (xxvi) RNFS026-STIS: Las cámaras IP deberán estar en capacidad de capturar imágenes y videos en términos de iluminación nocturna de hasta cero (0) LUX, sin depender de la iluminación artificial del Bus.

Para condiciones de baja luz durante la noche, el Concesionario de Provisión deberá considerar cámaras que cuenten con tecnología de Infrarrojos (IR) o iluminación infrarroja integrada. Garantizando que la transición no produzca saltos o pérdidas de *frames* en la transmisión del video.

Para tal fin, las condiciones de iluminación del Bus deberán ser las adecuadas para que las cámaras internas puedan entregar imágenes claras y nítidas, sin comprometer la visibilidad.

- (xxvii) RNFS027-STTS: Las cámaras IP deberán tener la funcionalidad de ser energizadas por PoE, PoE+ IEEE 802.3af/802.3at o por tecnologías similares de energización haciendo uso del medio de transmisión de datos y alcanzables directamente para enviar el stream de video usando su direccionamiento IP.
- (xxviii)RNFS028-STTS: Las cámaras IP deberán manejar un sensor tipo CMOS RGB de barrido progresivo al menos de 1/2.9".
- (xxix) RNFS029-STTS: Las cámaras IP deberán tener un objetivo de al menos 2.8 mm.
- (xxx) RNFS030-STTS: Las cámaras IP deberán tener una velocidad de obturación de al menos 1/19000 s a 1/5s.
- (xxxi) RNFS031-STTS: Las cámaras IP podrán contar con una solución SoC (*System On Chip*) que disponga de al menos 1GB de memoria RAM y una capacidad de memoria *flash* mínima de 256 MB.
- (xxxii) RNFS032-STTS: Las cámaras IP deberán soportar formatos de compresión de video H.264 (MPEG-4) o H.265.
- (xxxiii)RNFS033-STTS: La resolución de las cámaras IP deberá ser de mínimo 1920x1080 y variable a 640x360.
- (xxxiv) RNFS034-STTS: La cantidad de FPS del video, generado por las cámaras IP, deberá ser de 25 a 30 imágenes por segundo en todas las resoluciones al momento de la grabación en el HWV. Para la transmisión de video al CDEG este podrá ser parametrizado mínimo desde 8 FPS. En caso de apagado del HWV, la configuración de los FPS deberá mantenerse en el ITS No SIRCI, de manera que esta se conserve automáticamente una vez el sistema operativo vuelva a encenderse.
- (xxxv)RNFS035-STTS: Las cámaras IP deberán tener la capacidad de generar mínimo dos (2) transmisiones de video diferentes, simultáneas y configurables con compresión H.264, H.265 o H265+. Estas transmisiones deberán estar articuladas con la gestión realizada por el HWV, pudiendo una de ellas destinarse al OBC. El acceso a dichas transmisiones deberá ser gestionado por el Operador Designado por Transmilenio en entornos seguros, a través de su administrador ITS No SIRCI y conforme a lo que defina Transmilenio.

Este requerimiento no hace referencia al canal cero (0), ni a una vista compuesta tipo matriz (2x2), sino a flujos de video independientes. Esto hace referencia a

transmisiones de video únicas y configurables que pueden ser utilizadas con distintos perfiles de codificación, resolución o prioridad.

Con lo anterior, se busca que las cámaras dispongan de la capacidad de entregar de forma simultánea múltiples flujos separados, lo cual es común en cámaras que gestionan distintos niveles de consumo de ancho de banda o calidad, según el destino del video.

(xxxvi) RNFS036-STC: Las cámaras IP deberán contar con un manejo de Eventos del tipo HTTP, HTTPS, TCP y correo electrónico.

(xxxvii) RNFS037-STC: Las cámaras IP deberán cumplir con lo exigido sobre EMC, según la norma EN55032.

(xxxviii) RNFS038-STC: El Bus deberá incorporar un botón de pánico que, al ser accionado, genere una señal eléctrica de cambio de estado. Esta señal deberá estar articulada con el OBC, el HWV y el HWS, de manera que cada uno de estos equipos actúe conforme lo definido en sus respectivas funciones.

(xxxix) RNFS039-STC: El botón de pánico deberá ubicarse en un lugar de fácil acceso para el conductor. Su instalación no deberá interferir con palancas, pedales u otros dispositivos necesarios para la operación del Bus, y deberá estar sobre una superficie fija que lo separe del suelo del Bus, preferiblemente en *cold rolled*, con pintura electroestática o en acero inoxidable.

(xl) RNFS040-STC: El HWV deberá contar, como mínimo, con un almacenamiento en SSD de al menos ocho (8) Terabytes de capacidad, instalado en el Bus, destinado a la gestión de toda la solución de cámaras.

Este almacenamiento deberá permitir la retención de toda la información por cuarenta y cinco (45) Días, en función del tiempo de operación de la Flota. El Concesionario de Provisión deberá realizar los cálculos y validaciones del tiempo de retención y en caso de ser necesario, deberá ajustar la capacidad del almacenamiento para cubrir el tiempo de retención definido.

(xli) RNFS041-STC: El Bus deberá contar con la instalación de dos (2) cámaras destinadas al monitoreo de Eventos externos al Bus: (i) la primera ubicada en el panorámico o vidrio frontal, la cual deberá articularse con lo dispuesto en el RF002 del STC y (ii) la segunda ubicada en el panorámico o vidrio trasero. Al respecto, el Concesionario de Provisión deberá garantizar lo siguiente:

(A) Ambas cámaras deberán grabar en operación continua (desde el encendido del Bus hasta cinco (5) minutos después de su apagado) y contar con un

campo visual amplio y suficiente para capturar cualquier novedad de seguridad y operación.

- (B) En el caso de la cámara sea ubicada en el panorámico o vidrio frontal, su campo de visión deberá estar cubierto por el barrido del sistema limpiabrisas del Bus, de tal forma que no se limite su visibilidad en condiciones climáticas adversas.
 - (C) Estas cámaras deberán permanecer activas siempre que el Bus se encuentre en operación, prestando servicio de transporte público masivo de pasajeros, o en circulación en las vías fuera de la zona del Patio de Parqueo.
- (xlii) RNFS042-STC: El Bus deberá contar como mínimo con ocho (8) cámaras internas para articulados y diez (10) cámaras internas para biarticulados. En consideración de lo anterior, es necesario precisar que:
- (A) Las cámaras estarán orientadas a cubrir el interior del Bus y garantizar la vigilancia sin puntos ciegos. No obstante, la cantidad de cámaras a implementar por parte del Concesionario de Provisión estará sujeta a la Notificación de no objeción de Transmilenio, quien deberá validar la cobertura visual necesaria eliminando puntos ciegos, es decir, que la cantidad total podría modificarse dependiendo del alcance angular de cada cámara del STC.
 - (B) En la cifra indicada no se encuentran incluidas las cámaras instaladas para la visualización del entorno exterior delantero y trasero del Bus, ni la cámara destinada al monitoreo del conductor. Por tanto, el número total de cámaras a bordo del Bus podrá ascender a once (11) en el caso de Buses Articulados, y hasta trece (13) en el caso de los Buses Biarticulados, considerando en dicho conteo las cámaras internas, las de entorno y la del conductor.
- (xliii) RNFS043-STC: Las cámaras del STC deberán ser instaladas al interior del Bus, de forma que no puedan ser manipuladas por los usuarios y se garantice en todo momento la seguridad física de las mismas.
- (xliv) RNFS044-STC: Las cámaras IP que hagan parte del STC, incluyendo la cámara del conductor deberán contar con un MTBF igual o superior a sesenta mil (60.000) horas.
- (xlv) RNFS045-STC: Las cámaras IP embarcadas en el Bus deberán operar en rangos de temperatura entre los -10°C a los +50°C.
- (xlvi) RNFS046-STC: La calidad de la imagen y/o video proveniente de las cámaras no deberá verse afectada por las diferentes condiciones climáticas.

4.2 El Sistema Inteligente de Gestión de la Operación (SIGO)

(a) Definición y propósito

El Sistema Inteligente de Gestión de la Operación – SIGO es el componente central de procesamiento dentro de la arquitectura del ITS No SIRCI. Su papel es fundamental para la captura, el procesamiento y la transmisión de los datos más relevantes relacionados con la operación, la seguridad física y vial, y la analítica estratégica de la flota. Este sistema se soporta en un computador a bordo de alto desempeño (OBC), diseñado para generar información de valor tanto para Transmilenio como para los usuarios a partir de los datos recolectados por los ITS No SIRCI.

El OBC deberá habilitar un entorno de soluciones contenerizadas capaz de ejecutar aplicaciones de analítica avanzada, tales como inferencia de inteligencia artificial, procesamiento de video y análisis operativo en tiempo real. Este entorno se integrará de manera nativa con los principales sistemas de la arquitectura ITS No SIRCI, incluyendo el SDF, el SI-ITS, el SMT, la interfaz con el ADAS y otros subsistemas que se definan como estratégicos.

El Concesionario de Provisión tendrá la obligación de implementar todas las soluciones del SIGO y de sus subsistemas, con excepción de aquellas definidas como parte del Container lab, las cuales estarán exclusivamente a cargo de Transmilenio. Para este entorno específico, el Concesionario de Provisión deberá garantizar acceso pleno y sin restricciones a los recursos de hardware y software del OBC, permitiendo el despliegue directo de software por parte de Transmilenio en condiciones que aseguren máximo rendimiento, conectividad y procesamiento.

El OBC será de Transmilenio durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión, lo que implica que deberá tener acceso con privilegios de superusuario al sistema operativo, acceso remoto cifrado (tipo SSH con capacidades gráficas mínimas) y plena capacidad de desplegar, modificar o validar soluciones contenerizadas propias, sin limitaciones técnicas ni administrativas impuestas por el Concesionario de Provisión.

Transmilenio entregará al momento de la suscripción del Acta de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión el Documento de Contenerización, en el cual se definen lineamientos obligatorios para la preparación del ambiente del Container lab y el despliegue de contenedores, incluyendo arquitecturas, tecnologías requeridas y criterios de aislamiento. Por su parte, el Concesionario de Provisión deberá garantizar que los flujos de video y audio del subsistema HWV estén expuestos mediante *sockets* de red accesibles, o que se disponga de *substreams* directos desde las cámaras IP, así como habilitar acceso a las señales de la red CANBUS del Bus. De esta forma, los contenedores desplegados en el OBC podrán consumir estos datos sin restricciones, asegurando la operación efectiva de los módulos de analítica de video y de inferencia.

El SIGO está compuesto por varios subsistemas especializados, complementados por su interfaz con el sistema ADAS, de la siguiente manera:

- (i) Subsistema de Monitoreo de Telemetría (SMT)
- (ii) Subsistema de Análisis de Video (SAV)
- (iii) Subsistema de Interoperabilidad ITS No SIRCI (SI-ITS)
- (iv) Subsistema de Difusión Local (SDL)
- (v) Interfaz con ADAS

Los datos generados por estos subsistemas deberán ser utilizables por las aplicaciones contenerizadas de Transmilenio, garantizando que este cuente con insumos confiables para desplegar modelos analíticos, identificar comportamientos, optimizar procesos y obtener indicadores útiles para la gestión del sistema.

Si bien los resultados de la analítica realizada por Transmilenio no serán responsabilidad del Concesionario de Provisión, sí será su obligación garantizar el correcto funcionamiento de todos los subsistemas del SIGO.

Adicionalmente, el SIGO tendrá la responsabilidad de almacenar, gestionar y mantener la disponibilidad de la información geográfica necesaria para los procesos de los ITS No SIRCI. Esta funcionalidad deberá articularse con SC para asegurar la transmisión confiable de los datos a los sistemas centrales de Transmilenio.

El SIGO constituye un elemento crítico dentro de la arquitectura ITS No SIRCI, en tanto soporta la analítica avanzada y los procesos de gestión en tiempo real, lo que garantiza a su vez la Interoperabilidad con los sistemas de Transmilenio.

A continuación, se establecen los requisitos mínimos funcionales y no funcionales que deberá cumplir el Concesionario de Provisión frente al SIGO y sus subsistemas. Estos deberán entenderse desde la perspectiva del OBC de la solución ITS No SIRCI embarcada en los Buses y los demás que se integren a este

- (b) Requisitos funcionales del SIGO desde el ámbito del OBC
 - (i) RF001-SIGO: El OBC deberá recibir de manera automática, a través de un servicio dispuesto en la API/REST provista por Transmilenio, un archivo en formato JSON que contenga la información georreferenciada de las troncales del Sistema TransMilenio, segmentada y agrupada por tramos, así como los polígonos de las estaciones, portales y Patios del componente troncal. Para tal propósito, el Concesionario de Provisión deberá garantizar lo siguiente:

- (A) El archivo de georreferenciación podrá ser actualizado por Transmilenio en cualquier momento, y el OBC deberá tomar acción inmediata sobre el ITS No SIRCI una vez recibida dicha Actualización.
- (B) El archivo deberá persistir en el SSD del SIGO. En caso de que el archivo JSON que contiene la georreferenciación no pueda desplegarse correctamente, el SIGO deberá generar un mensaje de error dirigido al CDEG. Dicho mensaje estará definido en el Diccionario de Datos suministrado por Transmilenio al Concesionario de Provisión.
- (ii) RF002-SIGO: El OBC deberá procesar el archivo JSON que contiene la información de georeferenciación, de tal manera que sea usado para la generación de estados hacia el CDEG, incluyendo, entre otros, aquellos relacionados con velocidades que superen el umbral definido en un tramo identificado al interior del mencionado archivo.
- (iii) RF003-SIGO: El OBC deberá estar contar con la capacidad de adquirir datos en continuo, a través de la red CANBUS dispuesta tanto por chasis como por carrocería. Estos datos deben estar disponibles para consulta en cualquier momento, sin restricción alguna por parte del Fabricante del Bus.
- (iv) RF004-SIGO: El OBC deberá adquirir los datos dispuestos en la red CANBUS de chasis y carrocería, de acuerdo con una frecuencia de muestreo de datos definida conforme a las especificaciones de cada variable.

De manera excepcional, la variable de aceleración longitudinal deberá capturarse en coherencia con lo que establezca el Fabricante. La frecuencia de muestreo será enviada al OBC dentro de la trama de parametrización de "*Adquisición de Datos*", junto con los demás atributos correspondientes.

- (v) RF005-SIGO: El sistema de almacenamiento tipo SSD del OBC deberá soportar encriptación de datos como AES de 256 y esquemas de cifrado que garanticen la seguridad de la información.
- (vi) RF006-SIGO: El OBC deberá contener y/o almacenar como mínimo los siguientes archivos:
 - (A) Los correspondientes al Sistema Operativo (OS).
 - (B) Las aplicaciones requeridas para su funcionamiento.
 - (C) Los contenedores.

- (D) Los archivos de Telemetría en formato JSON en relación con el CDEG o, en su caso, los archivos del CANBUS que puedan ser decodificados en el SISTSP.
- (E) Los archivos con información geoespacial.
- (F) Los datos biométricos de identificación del conductor.
- (G) Los videos institucionales y de publicidad.

Para lo anterior, el Concesionario de Provisión deberá permitir que estos sean almacenados de acuerdo con el subsistema o contenedor que corresponda.

- (vii) RF007-SIGO: El OBC deberá administrar el almacenamiento de la información, ya sean datos y/o archivos en una estructura de árbol de carpetas organizadas cronológicamente por fecha (YYYYMMDD), a partir de la raíz que evite su pérdida, corrupción o desbordamiento por límite de indexación, en función de lo que se determine por contenedor y subsistema.
- (viii) RF008-SIGO: El OBC del Bus deberá almacenar de forma continua por cuarenta y cinco (45) Días los datos y archivos enviados por todos los dispositivos, subsistemas y sensores interconectados a él.
- (ix) RF009-SIGO: El OBC del Bus deberá almacenar los datos y archivos enviados por todos los dispositivos, subsistemas y sensores interconectados a este, utilizando un mecanismo de buffer con ventana deslizante equivalente al tiempo de retención de cuarenta y cinco (45) Días.
- (x) RF010-SIGO: El OBC deberá contar con un esquema de seguridad para la gestión de los puertos USB, de manera que el rol administrador del ITS No SIRCI pueda habilitar o restringir la conexión de dispositivos externos a este equipo.

No obstante, el sistema deberá permitir el acceso de una memoria USB para la extracción de escenarios de Telemetría y/o videos sujetos a análisis a través a través del Container lab, para lo cual el Concesionario de Provisión deberá implementar mecanismos de seguridad basados en Hardware Key.

- (xi) RF011-SIGO: El software que opere en el OBC deberá implementar un módulo con capacidad de almacenar todos los datos capturados por el CANBUS, correspondientes a un periodo de cinco (5) minutos antes y cinco (5) minutos después de la activación del botón de pánico. Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá garantizar que:

- (A) La información se almacene en un archivo específico, el cual no podrá ser objeto de procesos de borrado y que persista hasta que sea descargado por el SITSP, con una etiqueta que registre la fecha y hora del archivo.
 - (B) En caso de que el Bus no arribe al Patio, la información pueda ser descargada manualmente por parte de Transmilenio o por quien este designe, mediante escenarios físicos como una memoria USB.
- (xii) RF012-SIGO: El ITS No SIRCI deberá implementar una función para intentar el reenvío de las tramas de datos al CDEG de Transmilenio, al momento de presentarse una falla en las comunicaciones y hasta la confirmación de la recepción de estas por la plataforma del CDEG, a través de los protocolos establecidos para tal fin. Lo anterior, en coherencia con el Diccionario de Datos que defina Transmilenio.
- (c) Requisitos no funcionales del SIGO desde el ámbito del OBC
- (i) RNFS001-SIGO: El OBC deberá contar con una capacidad de almacenamiento en SSD no inferior a cuatro (4) terabytes, instalada a bordo del Bus, ampliable según se requiera, y que permita la retención de información por un período mínimo de cuarenta y cinco (45) Días.
- Al respecto, será responsabilidad exclusiva del Concesionario de Provisión realizar la ampliación de dicha capacidad de almacenamiento cuando resulte necesario para garantizar el cumplimiento del tiempo de retención solicitada, sin que ello implique un costo adicional para Transmilenio.
- (ii) RNFS002-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá contar con una interfaz NVMe con formato M.2 y conector PCIe.
 - (iii) RNFS003-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá contar con una velocidad de escritura secuencial mínima de 1500 MB/s (NVMe) y una velocidad de lectura secuencial mínima de 2000 MB/s (NVMe).
 - (iv) RNFS004-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá contar con una velocidad de escritura aleatoria mínima de 60000 IOPS y una velocidad de lectura aleatoria mínima de 70000 IOPS.
 - (v) RNFS005-SIGO: El sistema de almacenamiento tipo SSD del OBC deberá contar con funciones de protección de datos ante pérdida de energía.
 - (vi) RNFS006-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá garantizar la certificación de cumplimiento de estándares como CE, FCC y RoHS.

- (vii) RNFS007-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá garantizar su operación en rangos de temperatura entre los -20°C a los 60°C.
- (viii) RNFS008-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá contar con un MTBF mínimo de 100000 horas.
- (ix) RNFS009-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá soportar una resistencia a impactos y golpes de hasta 1500G/0.5 ms., requisito que se considerará cumplido mediante la acreditación del estándar MIL – STD- 810.
- (x) RNFS010-SIGO: El sistema de almacenamiento de tipo SSD del OBC deberá soportar vibraciones de hasta 20G (10-2000 Hz), requisito que se entenderá cumplido mediante la acreditación del estándar MIL STD 810.
- (xi) RNFS011-SIGO: El OBC del Bus deberá contar con mínimo un diez por ciento (10%) de almacenamiento libre, incluido en el almacenamiento total.
- (xii) RNFS012-SIGO: El OBC deberá contar, como mínimo, con una interfaz de comunicación que permita la extracción de información en casos de contingencia por pérdida de conectividad u otros Eventos que requieran la extracción manual de la información allí contenida. El Operador Designado por Transmilenio deberá poder realizar dicha extracción dentro de un ambiente seguro de extracción y manejo de datos de acuerdo con lo descrito en el Manual de Mantenimiento.
- (xiii) RNFS013-SIGO: El OBC deberá integrar un procesador de al menos doce (12) núcleos, articulado con una Jetson ORIN provista de una GPU de alto rendimiento con al menos 248 TOPS y 2.048 núcleos, así como con una memoria RAM LPDDR5 mínima de 64 GB, que permita procesar *streaming* de video 4K en tiempo real y la ejecución de múltiples tareas de IA, soportando códecs H.264, H.265 y AV1.
- (xiv) RNFS014-SIGO: El OBC deberá soportar Linux Ubuntu Server en su última versión LTS, sin necesidad de adaptaciones especiales para actualizaciones, y deberá contar con los drivers correspondientes para la gestión del hardware instalado, incluyendo la GPU, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de los dispositivos integrados en el OBS. Asimismo, deberá tener instalado Docker, el NVIDIA *Container Toolkit* (O su equivalente).
- (xv) RNFS015-SIGO: El OBC deberá contar con una GPU de altas prestaciones que pueda atender múltiples hilos para el procesamiento en tiempo real.
- (xvi) RNFS016-SIGO: El OBC deberá contar como mínimo con un procesador de 12 cores y tener Memoria Caché primaria, secundaria y terciaria suficiente para atender los requerimientos de cada subsistema del SIGO.

- (xvii) RNFS017-SIGO: El OBC deberá soportar codificadores de video al menos del tipo H265, H264.
- (xviii) RNFS018-SIGO: El OBC deberá contar con al menos dos (2) puertos de red del tipo RJ45/M12 (Ethernet) o tipo FAKRA a nivel de Gigabit.
- (xix) RNFS019-SIGO: El OBC deberá contar con un Índice de protección mínimo IP54.
- (xx) RNFS020-SIGO: El OBC deberá contar con al menos un (1) puerto USB de versión 3.1 o superior, y deberá permitir adicionalmente el acceso a otros puertos USB 2.0.
- (xxi) RNFS021-SIGO: El OBC deberá contar, como mínimo, con un (1) puerto de video del tipo DisplayPort o HDMI u otro que soporte la resolución y velocidad de refresco de pantalla definida para las PDI. El Concesionario de Provisión, deberá seleccionar el tipo de conector que sea coherente con el definido para las PDI seleccionadas.
- (xxii) RNFS022-SIGO: El OBC deberá tener contar con al menos una (1) interfaz de comunicación, la cual podrá ser del tipo RS232/RS485.
- (xxiii) RNFS023-SIGO: El OBC deberá contar con al menos dos (2) interfaces CAN 2.0 de Fábrica, las cuales deberán hacer parte de la *board* principal de este equipo. Transmilenio no aceptará periféricos que hagan las veces de interfaz entre canales CAN y/o USB o similares.
- (xxiv) RNFS024-SIGO: El OBC deberá contar con al menos un (1) puerto del tipo GPIO, el cual deberá estar en la capacidad de gestionar entradas y salidas digitales de al menos dos (2) canales.
- (xxv) RNFS025-SIGO: El OBC deberá contar internamente con una interfaz de buses PCI *express*, destinada a soportar funciones de almacenamiento, comunicaciones u otros fines que resulten necesarios para Transmilenio en apoyo a la implementación y operación del ITS No SIRCI, según lo requiera.
- (xxvi) RNFS026-SIGO: Las interfaces de comunicaciones y suministro eléctrico deberán ser cableadas, y sus conectores deberán contar con características/ estándares FAKRA, ISO 20860, de aviación o equivalentes tipo M12. El OBC deberá disponer de un terminal de suministro de energía conforme los estándares previamente referenciados con un rango de operación mínimo entre 9VDC y 36VDC, e incluir control de encendido.
- (xxvii) RNFS027-SIGO: El OBC deberá contar con indicadores LED correspondientes al estado de encendido y procesamiento.

- (xxviii) RNFS028-SIGO: El OBC deberá operar en un rango de temperatura de 20°C a 60°C, bajo las condiciones propias de un Bus de transporte público masivo de pasajeros en circulación en la ciudad.
- (xxix) RNFS029-SIGO: El OBC deberá operar en un rango de humedad relativa entre 10% y 90%, sin condensación, bajo las condiciones propias de un Bus de transporte público masivo de pasajeros en circulación en la ciudad.
- (xxx) RNFS030-SIGO: El OBC deberá cumplir con la certificación del estándar MIL - STD- 810H y atender el método 514.8, categoría 4, en lo relativo a resistencia a vibración.
- (xxxi) RNFS031: El OBC deberá cumplir con lo definido en el estándar IEC61373, asociado a la norma EN50155 para escenarios de vibración.
- (xxxii) RNFS032-SIGO: El OBC deberá cumplir con el estándar MIL -STD -810H y atender el método 516.8, en lo referente a la prueba de choque para lo cual deberá contar con una certificación que demuestre este cumplimiento y los resultados de las pruebas de laboratorio acreditado para verificar su cumplimiento en los términos de lo previsto en el presente Anexo.
- (xxxiii) RNFS033-SIGO: El OBC deberá cumplir con lo exigido sobre compatibilidad electromagnética, según lo establecido en la norma EN50155.
- (xxxiv) RNFS034-SIGO: El OBC deberá soportar diversas versiones de sistemas operativos, que se deriven de las principales distribuciones de Linux y mantener éstas de acuerdo con la última versión estable o LTS.

4.3 El Subsistema de Monitoreo de Telemetría (SMT)

(a) Generalidades

El SMT se encuentra alineado con las directrices del Comité Técnico TC 22 de la ISO, el cual se ocupa de la estandarización en el ámbito de los Buses de carretera, comprendiendo todos sus aspectos de diseño, producción, operación y mantenimiento.

En ese marco, el SMT adopta como referencia el estándar ISO 11898, que establece el protocolo de comunicación denominado *Controller Area Network* (CAN). Dicho protocolo resulta fundamental para la comunicación en tiempo real entre los componentes electrónicos de un Bus, al permitir la transmisión de datos entre distintos sistemas de control y sensores.

En consecuencia, este protocolo es un elemento esencial sobre el cual se soporta el SMT, al ser el medio que articula y canaliza la información proveniente de las diferentes ECU del Bus. El SMT requiere mantener una alineación permanente con los componentes técnicos de los Buses en cuanto

a su diseño, operación y control, garantizando la integración y funcionalidad dentro de la arquitectura ITS No SIRCI, con los siguientes sistemas técnicos de los Buses:

- (i) El motor y el sistema de propulsión.
- (ii) El sistema de tracción y dirección.
- (iii) El sistema eléctrico y electrónico.
- (iv) El sistema de frenado.
- (v) La carrocería y chasis.
- (vi) La estructura del chasis.
- (vii) El sistema de control climático y confort.
- (viii) El sistema de entretenimiento y navegación.
- (ix) Los sistemas de seguridad activa y pasiva.
- (x) Los sistemas de iluminación y señalización.
- (xi) El sistema de gerenciamiento de energético (baterías de tracción).

Los sistemas técnicos previamente listados se agrupan conforme a lo definido en el Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión. En consecuencia, los Eventos y Alarmas que de ellos se generen deberán ser articulados por el Concesionario de Provisión para su disposición en las tramas definidas, en coherencia con el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y el Diccionario de Datos.

El SMT deberá, además, alinearse con los estándares definidos por la SAE, tales como SAE J1939, J1587, J1708, los cuales soportan los componentes de comunicación vehicular y se encuentran basados en la red CAN.

Los sensores encargados de entregar la información requerida para el SMT deberán ser de tipo automotriz y ajustarse a los requisitos funcionales, no funcionales y Especificaciones Técnicas del Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión.

(b) Escalabilidad e integración de CAN IDs

Conforme a lo dispuesto en el Anexo 1, previamente mencionado, específicamente en el apartado asociado al CANBUS, el Concesionario de Provisión estará obligado a garantizar la escalabilidad y capacidad de integración de nuevos CAN IDs en la red CANBUS. Para ello, será responsable de seleccionar un Fabricante de Bus que atienda dichos requerimientos.

(c) Acceso a las variables del CANBUS

Para el cumplimiento específico de las obligaciones dispuestas para el Concesionario de Provisión en virtud del presente Anexo, este deberá garantizar a Transmilenio, lo siguiente:

- (i) El acceso en modo lectura a las variables del CANBUS bajo los protocolos descritos previamente en desarrollo de la Sección 4.3 del presente Anexo.
 - (ii) La capacidad de integrar las nuevas señales que se requieran durante la evolución del ITS No SIRCI, dado que dichas señales constituyen condiciones críticas para la operación.
 - (iii) Cualquier restricción impuesta por el fabricante deberá ser abordada y superada por el Concesionario de Provisión, sin que ello exima, de ninguna manera, el cumplimiento de los requisitos funcionales de la escalabilidad del ITS No SIRCI.
 - (iv) En ese sentido, el Concesionario de Provisión deberá incorporar la validación de la capacidad de expansión del CANBUS como criterio de selección del Fabricante del Bus, para garantizar la flexibilidad y sostenibilidad técnica del ITS No SIRCI a lo largo de su ciclo de vida.
- (d) Multiplicidad de redes CAN

En los Buses podrán coexistir múltiples redes, con distintas velocidades de transmisión y diferentes Unidades de Control Electrónico (en adelante “ECU”), según la arquitectura definida por el Fabricante. Estas redes transportan variables con niveles de criticidad y frecuencia de Actualización diversos.

El SMT deberá estar en capacidad de extraer información de las distintas redes CAN del Bus, respetando en todo momento la frecuencia de publicación asignada a cada variable.

- (e) Parametrización y adquisición de datos

Transmilenio ha definido un Diccionario de Datos y una Trama de Parametrización de Adquisición de Datos, que determinan:

- (i) La capacidad de transmisión de las redes CAN involucradas.
- (i) La prioridad asignada en cada variable.
- (ii) Las restricciones propias de cada red, definidas por el Fabricante.
- (iii) La calidad exigida de los datos recopilados.
- (iv) Las variables que deben ser monitoreadas, su formato y condiciones de adquisición.

Esta parametrización deberá almacenarse en el OBC del Bus, de modo que oriente el proceso de adquisición y transmisión de los datos, los cuales deberán ser enviados una vez el Bus arribe al Patio.

El proceso de adquisición de los datos deberá realizarse de manera continua durante la operación del Bus y almacenarse localmente por un periodo máximo de quince (15) Días. Vencido dicho plazo, los datos podrán ser sobrescritos.

La frecuencia de muestreo efectiva deberá ser coherente con: (i) la capacidad de transmisión de las redes CAN involucradas, (ii) la prioridad asignada a cada variable, (iii) las restricciones propias de cada red definidas por el Fabricante, y (iv) la calidad de los datos recabados.

En aras de conservar la homogeneidad con el ITS No SIRCI dispuesto en la Flota, Transmilenio definirá los nombres, los tipos de datos y los atributos de las tramas contenidas en el Diccionario de Datos, con el objetivo de dar precisión semántica sobre la información obtenida de los Buses y enviada al CDEG.

En consideración de lo previamente mencionado, el Bus no deberá enviar las tramas periódicas mientras se encuentre en Patio, de conformidad con lo previsto en la trama de parametrización contenida en el Diccionario de Datos.

(f) Instrumentación y soluciones paralelas

El Concesionario de Provisión tendrá la obligación, desde el punto de vista de ingeniería, de presentar las soluciones paralelas que permitan integrar la información solicitada en el marco del presente Anexo 3 del Contrato de Concesión de Provisión, con el fin de asegurar su disponibilidad y usabilidad.

En particular, será responsabilidad del Concesionario de Provisión articular la sensorización o actuación no incluidos en la red CAN, lo cual podrá lograrse mediante el uso de módulos multiplexados, comúnmente empleados en aplicaciones vehiculares, a través de unidades de entrada/salida distribuidas que permitan la adquisición y gestión de señales analógicas y digitales provenientes de diversos sensores o actuadores distribuidos en la carrocería del Bus o en el chasis, para generar los escenarios compartidos de información.

Estos módulos multiplexados deberán integrarse a la red CAN, ya sea de chasis o de carrocería, para permitir la transmisión estandarizada de los datos hacia el sistema central, el cual estará gestionado por el OBC. Dichos módulos deberán admitir señales de entrada/salidas analógicas con resoluciones de 8, 12, 16 bits.

Asimismo, en caso de requerirse resoluciones de muestreo de 24 bits o superiores, el Concesionario de Provisión podrá incorporar elementos especiales de hardware dentro de la arquitectura del ITS No SIRCI, previa Notificación en los términos del Contrato de Concesión de

Provisión de no objeción por parte de Transmilenio, con el fin de cumplir con lo dispuesto en el presente Anexo 3.

En aras de facilitar la expansión de entradas/salidas distribuidas a lo largo del Bus, el Concesionario de Provisión deberá cumplir con todo lo descrito en la presente Sección del Anexo 3, con el fin de aportar flexibilidad en la arquitectura de control y permitir la Interoperabilidad entre diferentes subsistemas mediante protocolos estándar como SAE J1939 o CANopen, según la configuración dispuesta por el Fabricante.

En atención a lo anterior, a continuación, se describen los requisitos funcionales y no funcionales mínimos que deberá garantizar el Concesionario de Provisión para el SIGO-SMT del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(g) Requisitos funcionales del SMT

- (i) RF001-SIGO-SMT: La trama de parametrización de "Adquisición de Datos" será un archivo JSON enviado al Bus, a través del protocolo MQTT, asociado al Broker IoT definido por Transmilenio en el Diccionario de Datos.
- (ii) RF002-SIGO-SMT: La trama de parametrización de "Adquisición de Datos" deberá contener la información necesaria para que el OBC cuente con la definición de frecuencia de muestreo asociada a las variables a ser adquiridas a través del CANBUS de chasis y/o carrocería. Esta trama será definida en el Diccionario de Datos.
- (iii) RF003-SIGO-SMT: El software del OBC deberá estar en capacidad de adquirir datos tanto del CANBUS de chasis y/o carrocería como de otros periféricos.

Lo anterior con el objeto de que las tramas periódicas se transmitan en intervalos de 20 segundos, 60 segundos y 15 minutos al CDEG, de acuerdo con la frecuencia definida para cada una de las tramas con esta naturaleza. Cada una de estas tramas deberá contener, como mínimo, en su cabecera, la siguiente información:

- (A) Versión de trama.
- (B) Identificador de registro.
- (C) Identificador operador.
- (D) Código de trama.
- (E) Trama retransmitida.
- (F) Identificador de conductor.
- (G) Tipo de Bus.

- (H) Fecha y hora de lectura del dato.
- (I) Fecha y hora de envío de los datos al CDEG.
- (J) Identificador del Bus.
- (K) Identificador del servicio.
- (L) Localización del Bus.
- (M) Trama retransmitida.

Con respecto a lo anterior, las tramas y las variables que deberán ser reportadas al CDEG estarán definidas en el Diccionario de Datos.

- (iv) RF004-SIGO-SMT: El software del OBC deberá implementar un módulo de "adquisición de variables en tiempo real en alta frecuencia", el cual deberá contar con la capacidad de adquirir, recibir y almacenar de manera local, con alta frecuencia de muestreo, las variables definidas en el presente Anexo, tomadas a través de la red CANBUS de chasis y/o carrocería.
 - (A) La frecuencia de muestreo por implementar estará definida en la trama de parametrización de "Adquisición de Datos". El tiempo mínimo de adquisición de datos sobre el CANBUS deberá corresponder a las especificaciones de cada variable, acorde con el estándar SAE J1939, o lo que disponga Transmilenio y en coherencia con lo que determine el Fabricante.
 - (B) La frecuencia podrá incrementarse según los parámetros establecidos en la trama periódica local, con la siguiente excepción: para la variable de aceleración longitudinal, debiendo almacenarse cada un (1) segundo, conforme a las consideraciones descritas en el presente Anexo para esta variable en particular.
 - (C) El Diccionario de Datos definirá una trama periódica local que articulará información en el sistema de almacenamiento del OBC, en relación con los intervalos de tiempo definidos anteriormente.
- (v) RF005-SIGO-SMT: El software del OBC en el módulo de "adquisición de variables en tiempo real en alta frecuencia", deberá guardar los datos en el sistema de almacenamiento local del OBC.
- (vi) RF006-SIGO-SMT: El módulo de "adquisición de variables en tiempo real en alta frecuencia", deberá contar con la capacidad de enviar la información almacenada de forma local en cada Bus al SITSP, para su almacenamiento, una vez el Bus arribe al

Patio y se conecte a la red Wi-Fi de este. Esta información corresponderá a una trama local, especificada en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos. Conforme lo expuesto en el presente requisito funcional, el Concesionario de Provisión está obligado a garantizar que:

- (A) En caso de que el Bus ingrese al Patio, este deberá detectar su ubicación mediante verificación automática frente a la geo-cerca definida del Patio o a través de la conexión a la red Wi-Fi local del mismo.
 - (B) Una vez detectada la entrada al Patio, deberá iniciarse el proceso de descarga de información al SITSP, incluyendo los videos marcados por Eventos y los datos de la Telemetría del Bus.
 - (C) Dado que el tiempo entre el ingreso del Bus y su apagado por parte del conductor en el sitio de parqueo es muy reducido, el SMT deberá implementar una función que calcule el tiempo estimado requerido para la transferencia de datos. Con base en este cálculo, el Concesionario de Provisión deberá garantizar que el ITS No SIRCI permanezca encendido durante ese tiempo más un 20% adicional como margen de seguridad ante posibles imprevistos, de forma que se asegure la transferencia completa y oportuna de la información requerida al SITSP.
- (vii) RF007-SIGO-SMT: El OBC deberá contar con la capacidad de generar y enviar al CDEG de Transmilenio los Eventos listados a continuación:
- (A) Parada en estación.
 - (B) Apertura o cierre de puertas.
 - (C) Encendido del Bus.
 - (D) Apagado del Bus.
 - (E) Cambio de conductor.
 - (F) Activación de botón de pánico.
 - (G) Video por demanda.
 - (H) Evento de encendido del ITS No SIRCI.
 - (I) Evento de apagado del ITS No SIRCI.
 - (J) Silla vacía del conductor.
 - (K) Detección comportamiento anómalo conductor.

- (L) Inicio de Proceso de Carga.
- (M) Finalización de Proceso de Carga.
- (N) Detención prolongada.
- (O) Sentido de marcha.
- (P) Estado de activación de freno de estacionamiento.
- (Q) Horas funcionamiento del Bus.
- (R) Cambio de estado de iluminación externa.
- (S) Estado activación micrófono ambiente.
- (T) Cambio de ruta en ruterros.
- (U) Evento experimental.

El Concesionario de Provisión deberá garantizar la implementación y reporte de los comportamientos anómalos definidos por Transmilenio, correspondientes a: (i) la distracción del conductor y (ii) el micro sueño del conductor.

Las definiciones y requisitos aplicables para la generación de dichos Eventos se encuentran descritos en el Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión, en los apartados relativos al ADDW y los DDAW.

Para tal fin, el Concesionario de Provisión deberá implementar estos Eventos a través de software o de equipos del ITS No SIRCI a bordo de la Flota, siempre que se garantice el estricto cumplimiento de los requisitos establecidos por Transmilenio en desarrollo del presente Anexo. En los casos en que los equipos que soportan dichos estos Eventos sean configurables, toda configuración deberá realizarse bajo la orientación que determine Transmilenio, especialmente las relacionadas con seguridad.

Los Eventos que se listaron con anterioridad en el presente requisito funcional tienen su estructura definida en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y el Diccionario de Datos, donde de igual manera se precisarán las condiciones para su generación. Los Eventos experimentales podrán ser utilizados por Transmilenio para el escenario contenerizado del OBC o para otras necesidades que surjan por lo que podrá solicitarse el ajuste del firmware para estos propósitos sin que ello implique costos adicionales para Transmilenio, bajo las condiciones definidas en la Sección 5.8.

- (viii) RF008-SIGO-SMT: El OBC deberá contar con la capacidad de generar y enviar al CDEG de Transmilenio las Alarmas listadas a continuación:

- (A) Aceleración brusca.

- (B) Frenada brusca.
- (C) Exceso de velocidad.
- (D) Exceso de peso.
- (E) Ausencia de datos del sistema ADAS.
- (F) Ausencia y/u obstrucción de imagen de alguna cámara, incluyendo la del conductor.
- (G) Cinturón de seguridad del conductor.
- (H) Desgaste del conjunto de frenos.
- (I) Estado sistema TPMS
- (J) Fallas del sistema ABS de frenos.
- (K) Estado del sistema “*door brake*”.
- (L) Presión del sistema neumático.
- (M) Anomalías en el sistema de baterías de alta Tensión.
- (N) Anomalías en el sistema de refrigeración.
- (O) Temperatura de los motores.
- (P) Activación del testigo “*Check engine*” del Bus.
- (Q) Estado de despresurización.
- (R) Anomalías en el sistema de Control de incendios.
- (S) Anomalía en la identificación biométrica.
- (T) Nivel de energía Bus eléctrico.
- (U) Indisponibilidad ITS No SIRCI.
- (V) Almacenamiento ITS No SIRCI.
- (W) Alarma experimental.

La estructura de las Alarmas aquí listadas estará definida en el Diccionario de Datos, mientras que las condiciones para su generación se especificarán en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

- (ix) RF009-SIGO-SMT: El OBC deberá contar con la capacidad de generar y enviar al CDEG de Transmilenio tramas periódicas a la frecuencia y con las variables de Telemetría de CANBUS definidas por Transmilenio. Estas tramas estarán definidas en su estructura en el Diccionario de Datos.
- (x) RF010-SIGO-SMT: El OBC deberá implementar un proceso automático de recepción de comandos enviados por el CDEG y, en este entendido, realizar una consulta al HWV o, en su defecto, a la cámara IP, de manera que la respuesta corresponda a los parámetros de configuración de esta en el momento exacto de la petición. Este comando estará definido en el Diccionario de Datos.
- (xi) RF011-SIGO-SMT: La solución de adquisición de datos mediante la red CANBUS, implementada desde el OBC, deberá ajustarse dinámicamente a la capacidad disponible de las redes CAN y a su velocidad, sin que ello afecte el funcionamiento de las ECU ni comprometa la estabilidad del sistema ITS No SIRCI.
- (xii) RF012-SIGO-SMT: El Concesionario de Provisión estará obligado a considerar y aplicar las categorías de variables descritas en la Tabla 2, estas deberán provenir del CANBUS y en caso de no existir una dirección que describa la variable, el Concesionario de Provisión deberá presentar a Transmilenio, a través del PMI, las fuentes de información y los cálculos realizados para registrar la variable, asegurando su incorporación en el diseño e implementación del ITS No SIRCI. Dichas categorías serán de obligatorio cumplimiento y referencia para el Concesionario de Provisión.

Categoría	Variable	Descripción
Sistema de frenos	Accionamiento de frenos EBS	Esta variable representa la activación/obturación del conjunto de frenos del Bus
Bus	Aceleración	Variación de la velocidad del Bus respecto al tiempo, que permite identificar maniobras de conducción como arranques, frenadas o aceleraciones bruscas.
Sistema de frenos	Activación de ABS	Señal de estado que indica la activación o desactivación del sistema ABS.

Categoría	Variable	Descripción
SDLI	Activación de Micrófono Ambiente	Evento de activación de micrófono por parte del operador; la descripción detallada en documento interacciones ITS no SIRCI
Sistema de frenos	Activación de pedal de freno	Señal del interruptor que indica que el conductor está presionando el pedal del freno, el cual controla el freno de servicio del Bus (no el de estacionamiento).
Sistema de frenos	Activación del control de arranque en pendiente (Hill holder switch)	Señal de estado que indica cuando está activo o inactivo el sistema Hill Holder (control de arranque en pendiente). El sistema Hill Holder previene que el Bus se deslice hacia atrás al arrancar en una pendiente, al mantener los frenos activados durante un tiempo adicional, permitiendo acelerar con seguridad el automotor.
Sistema de frenos	Activación del control de tracción (ASR) sobre los frenos	Esta variable representa el testigo visual de la activación del control de tracción (ASR) en el sistema de frenos
Sistema de frenos	Activación freno de estacionamiento	Señala el proceso mediante el cual se asegura un Bus en posición estacionaria, evitando que se desplace accidentalmente.
Supervisión ITS no SIRCI	Almacenamiento HWS	Capacidad disponible y uso del almacenamiento en el HWS.
Supervisión ITS no SIRCI	Almacenamiento HWV	Capacidad disponible y uso del almacenamiento en el HWV para grabación de video en el Bus.
Supervisión ITS no SIRCI	Almacenamiento OBC	Uso y capacidad del disco del computador a bordo para datos de operación, tramas y logs del sistema.

Categoría	Variable	Descripción
Sistema eléctrico	Apagado Bus	Condición del Bus que no permite el uso y movilización del Bus (a definir en documento interacciones ITS no SIRCI)
Sistema eléctrico	Cambio de Estado de Limpiabrisas	Se refiere específicamente a la acción de encender o apagar el sistema de limpiaparabrisas.
Sistema eléctrico	Cambio de estado desempañador (defroster)	Se refiere al proceso de activar o desactivar el sistema que elimina la condensación o el vaho del vidrio panorámico del Bus.
Sistema eléctrico	Cambio de estado luz direccional derecha.	Esta variable se relaciona como un cambio de estado, el cual será activado en el momento que usa la luz direccional para realizar un giro a la derecha
Sistema eléctrico	Cambio de estado luz direccional izquierda	Esta variable se relaciona como un cambio de estado, el cual sera activado en el momento que usa la luz direccional para realizar un giro a la izquierda
Sistema eléctrico	Cambio estado de Iluminación externa	Proporciona los datos medidos de las luces de marcha del Bus.
Tren motriz	Carga porcentual a la velocidad actual	La relación entre el torque porcentual real del motor y el torque máximo disponible. a la velocidad actual del motor. Esta relación se ajusta a cero torques cuando el motor se encuentra en proceso de frenado.

Categoría	Variable	Descripción
Seguridad	Código cámara	Hace referencia a la nomenclatura usada para identificar las cámaras dentro del Bus así: AO – cámara de conductor en Bus articulado BO – cámara de conductor en Bus biarticulado ATE – cámara trasera externa en Bus Articulado BTE – cámara trasera externa en Bus Biarticulado AFE – cámara frontal externa en Bus Articulado BFE – cámara frontal externa en Bus Biarticulado AV1_1 – cámara 1, en vagón 1, Bus Articulado AVn_m – cámara enésima, en vagón enésimo (1 o 2), en Bus Articulado BVn_m – cámara enésima, en vagón enésimo (1, 2 o 3), en Bus Biarticulado
Tren motriz	Consumo Energético Acumulado del Bus	Se refiere a la cantidad total de energía en kWh acumulada que ha utilizado el Bus a lo largo de toda su vida útil, equivalente a la variable "Total Fuel Used" en combustibles fósiles.
Baterías de alta tensión	Corriente neta de baterías de tracción	Valor de corriente actual en baterías de alta Tensión.
Seguridad	Desconexión Cámara	Desconexión y/o ausencia de señal de alguna de las cámaras del CCTV del Bus.
Sistema de frenos	Distancia total de aplicación de frenos de servicio	Corresponde a la distancia que recorre el Bus desde el momento en que el conductor aplica los frenos

Categoría	Variable	Descripción
		hasta que el Bus se detiene por completo.
Sistema eléctrico	Encendido Bus eléctrico	Es aquella condición en la cual un Bus se encuentra preparado para iniciar su desplazamiento
Puertas	Estado apertura y cierre de puertas	Se refiere a la condición actual de las puertas del Bus, (a definir en documento interacciones ITS no SIRCI)
Seguridad	Estado cinturón de Seguridad	Variable que representa el estado de abrochamiento o desabrochamiento del cinturón de seguridad del conductor.
Seguridad	Estado de activación del freno de estacionamiento	Indica cuándo el freno de estacionamiento está activado, este interruptor se acciona mediante el mecanismo de control del freno de estacionamiento que utiliza el conductor, ya sea a través de un pedal, una palanca u otro tipo de dispositivo de control.
Sistema de frenos	Estado de desgaste del conjunto de freno. Estado vida útil remanente del conjunto de frenos en todas sus posiciones	El estado de desgaste del conjunto de frenos se expresa en porcentaje, donde el 100% representa el estado inicial de los componentes, mientras que el 0% representa el desgaste máximo del conjunto de frenos. Esta variable puede representar solamente el desgaste de las pastillas y no del conjunto completo, esto depende la tecnología del Fabricante.
Supervisión ITS no SIRCI	Estado de Recarga USB	Cuando hay desconexión del switch central para habilitación de puertos USB

Categoría	Variable	Descripción
Baterías de alta tensión	Estado de salud de las baterías de alta tensión	El estado de salud (SOH) de una batería es una medida que indica la condición general de una batería y su capacidad de desempeño, en términos de la energía que entrega en un momento determinado, comparado con la energía de una batería nueva.
Seguridad	Estado Door Brake (sistema "ángel guardián")	Este sistema es un mecanismo de seguridad que impide el movimiento del Bus mientras una puerta está abierta. El estado Door Brake activa los frenos para evitar que el Bus se desplace accidentalmente.
Supervisión ITS no SIRCI	Estado HWC	Señala el estado de conectividad y salud del hardware de comunicaciones.
Supervisión ITS no SIRCI	Estado HW-Rut	Muestra el estado del rutero electrónico (controlador y pantallas de destino del Bus).
Supervisión ITS no SIRCI	Estado HWV	Indica el funcionamiento operativo del hardware de video embarcado en el Bus.
Supervisión ITS no SIRCI	Estado OBC	Refleja la operatividad del computador a bordo encargado de la gestión central de los sistemas ITS No SIRCI.
Sistema eléctrico	Estado OK/Ready Bus	Cuando un Bus se enciende y está listo para moverse, sus sistemas eléctricos están energizados y este ha realizado test de ECU , confirmando mediante un aviso que se encuentra listo para movilizarse – típicamente manifestado mediante un aviso de “OK” o “Ready”; (típicamente conocido como "propulsion system active")

Categoría	Variable	Descripción
Supervisión ITS no SIRCI	Estado PDI	Cuando hay desconexión de la Pantalla de Difusión de Información
Supervisión ITS no SIRCI	Estado SBE	Evalúa la disponibilidad y operación del sistema que sincroniza la apertura de puertas del Bus con las estaciones.
Supervisión ITS no SIRCI	Estado UR-Bi	Informa el estado funcional del componente de autenticación biométrica.
Peso	Estimación Ocupación	Estimación de ocupación a partir del cálculo de peso total del Bus al cierre de puertas - peso en vacío / 68 kg (norma NTC 4901); la descripción detallada en documento interacciones ITS no SIRCI
Sistema eléctrico	Fin Proceso de Carga (abastecimiento eléctrico)	Se refiere al instante en el cual se desconecta el suministro de carga al Bus. Esta condición puede activarse automáticamente cuando la batería alcanza su capacidad máxima o cuando el proceso de carga se interrumpe, ya sea por una carga parcial o una desconexión manual del sistema.
Sistema de frenos	Frenado de emergencia activo	Es un cambio de estado que representa la activación del freno de emergencia.
Tren motriz	Horas totales de funcionamiento de motores	Equivale a la cantidad de horas totales trabajadas por el motor, , desde fabrica
Bus	Horas totales de funcionamiento del Bus	Tiempo acumulado de operación del Bus, desde fabrica
Geoespacial	Id Polígono	id único de los polígonos asociados a estaciones, portales, retornos del componente troncal; asignados por el ente gestor. La descripción detallada

Categoría	Variable	Descripción
		en documento interacciones ITS no SIRCI
Geoespacial	Id Tramo	id único de los tramos entre estaciones, portales - estaciones, etc.; asignados por el ente gestor. La descripción detallada en documento interacciones ITS no SIRCI
Seguridad	Identificación de la puerta	Id único de cada puerta y hoja dispuestas en el Bus; asignados por el ente gestor. La descripción detallada en documento interacciones ITS no SIRCI
Sistema eléctrico	Inicio Proceso de Carga (abastecimiento eléctrico)	Momento en el que el Bus inicia proceso de abastecimiento de energía.
Seguridad	Interfaz ADAS	Permite visualizar, notificar y gestionar la información generada por el Sistema ADAS.
Bus	Kilómetros recorridos del Bus Odómetro	Variable que representa la cantidad total acumulada de kilómetros recorridos por el Bus durante su funcionamiento
Seguridad	Límite máximo de velocidad del Bus	Velocidad máxima del Bus permitida.
Bus	Nivel de refrigerante	Indica el bajo nivel del líquido refrigerante que debe presentar en el sistema de refrigeración

Categoría	Variable	Descripción
Baterías de alta tensión	Nivel Restante de energía (SOC) - en kWh	Indica qué porcentaje de energía almacenada en la batería está disponible en un momento dado, comparado con su capacidad total, expresando cuánta carga le queda a una batería, equivalente a la variable "nivel de tanque de combustible - fuel level" en Buss de combustión. El SOC debe expresarse como un porcentaje, donde 100% indica una batería completamente cargada y 0% indica que está completamente descargada. Asimismo, el dato complementario de SOC debe informarse en kWh.
Baterías de alta tensión	Nivel Restante de energía (SOC) - en %	Indica qué porcentaje de energía almacenada en la batería está disponible en un momento dado, comparado con su capacidad total, expresando cuánta carga le queda a una batería, equivalente a la variable "nivel de tanque de combustible - fuel level" en Buss de combustión. El SOC debe expresarse como un porcentaje, donde 100% indica una batería completamente cargada y 0% indica que está completamente descargada. Asimismo, el dato complementario de SOC debe informarse en %.
Suspensión	Peso del Bus	Indica la masa total que ejercen los neumáticos del Bus sobre la superficie de la carretera.
Suspensión	Peso por eje	Magnitud en kilogramos que representa el peso soportado en ese momento por cada eje del Bus.

Categoría	Variable	Descripción
Seguridad	Posición del pedal de acelerador	Es el porcentaje de accionamiento del pedal de acelerador, donde el 100% es el máximo recorrido del pedal y en el 0% no existe accionamiento.
Sistema neumático	Presión de aire de la suspensión neumática	La presión neumática en el circuito del sistema de suspensión neumática controlado electrónicamente
Sistema de frenos	Presión de aplicación del freno	Presión manométrica del aire comprimido al momento de utilizar el freno de servicio
Bus	Presión de cada una de las llantas	Indica la presión del aire contenida dentro de las llantas del Bus
Sistema neumático	Presión del sistema neumático	Es la presión del circuito de aire utilizado para diversas funciones, como los frenos, la suspensión y otros componentes que dependen del aire comprimido para funcionar.
Sistema de frenos	Presión neumática primaria de frenos	Presión manométrica de aire en el lado de suministro, del sistema neumático de frenos
Sistema de frenos	Presión neumática secundaria de frenos	Presión manométrica de aire en el lado de servicio, del sistema neumático de frenos
Seguridad	Puertas Abiertas en movimiento	Se refiere a la condición de seguridad que detecta si alguna de las puertas de servicio o emergencia permanece abierta mientras el Bus está en desplazamiento, con el fin de prevenir riesgos para los pasajeros y garantizar la operación segura del sistema.
Bus	Regeneración Acumulada de energía	Es la variable que representa la regeneración total de la energía gestionada por el Bus desde el primer funcionamiento, hasta la fecha actual.

Categoría	Variable	Descripción
Bus	Sentido de marcha	Indica la dirección en la que se desplaza el Bus, ya sea hacia adelante o en reversa.
Sistema de frenos	Señal de advertencia ABS	Esta variable representa el testigo visual del ABS, el cual indica que el sistema tiene alguna novedad
Sistema de frenos	Señal de advertencia EBS	Esta variable representa el testigo visual del EBS, el cual indica que el sistema tiene alguna novedad
Seguridad	Señal válvula despresurización	Hace referencia a la señal generada por el sistema cuando se acciona la válvula de despresurización ubicada en las puertas de servicio y emergencia, la cual indica la habilitación del mecanismo para la apertura manual de las puertas en situaciones de emergencia.
Seguridad	Sistema de control contra incendios	Sistema contra incendios de chasis: se refiere al sistema de detección y extinción de incendios que equipan todos los Buss; este sistema es diferente a los extintores de cabina de pasajeros.
Bus	Temperatura ambiente exterior	Se refiere a la temperatura del ambiente exterior del Bus
Baterías de alta tensión	Temperatura Baterías (Temperatura Baterías de Alta)	Se refiere a la medición de la temperatura interna de las baterías de alta tensión del Bus, dada la importancia para la seguridad de este parámetro (a definir en documento interacciones ITS no SIRCI).
Refrigeración	Temperatura del Sistema de refrigeración	Temperatura del sistema de refrigeración (a definir en documento interacciones ITS no SIRCI).

Categoría	Variable	Descripción
Refrigeración	Temperatura interna del motor(es)	Se refiere al dato individual de temperatura para cada motor de tracción que exista en el Bus
Sistema neumático	Tiempo de funcionamiento del compresor	Equivale a la cantidad de horas totales trabajadas por el compresor, desde fabrica
Seguridad	Válvula Despresurización	se trata de un componente ubicado en todas las puertas de servicio y emergencia que tiene por finalidad permitir el accionamiento manual con energía muscular de las puertas en casos de emergencia
Bus	Velocidad de cada rueda del Bus	Velocidad en km/h de cada posición de las ruedas
Bus	Velocidad del Bus	Es la medida precisa de la rapidez con la que el Bus se desplaza en relación con la superficie.
Sistema eléctrico	Voltaje de baterías de baja tensión	La tensión actual de las baterías de chasis del Bus
Sistema neumático	Presión del compresor	Presión neumática generada por el compresor de aire que se obtiene al comprimir el aire del ambiente
Seguridad	Sistema ADAS	Conjunto de funciones avanzadas de asistencia al conductor que, mediante sensores, cámaras y algoritmos de procesamiento, permiten detectar condiciones de riesgo durante la operación del Bus.
Seguridad	Nivel Alarma	Toda alarma puede ser configurada y parametrizada asociando diferentes niveles que permiten tomar decisiones.

Tabla 2. Variables ITS No SIRCI

Para efectos de garantizar el pleno cumplimiento de lo descrito en el presente requisito funcional, el Concesionario de Provisión estará obligado a:

- (A) Garantizar que el OBC cuente con la capacidad de recibir, interpretar y almacenar los códigos de falla provenientes de la red CANBUS del Bus, en coherencia con la Tabla 2 de referencia y como parte de la gestión avanzada de la operación.

Esta funcionalidad permitirá realizar un seguimiento estructurado de los Eventos anómalos reportados por las ECU, con el objetivo de fortalecer las capacidades de monitoreo preventivo, análisis técnico, trazabilidad de fallas y soporte a los esquemas de mantenimiento operativo. La implementación de esta capacidad deberá implementarse sin interferir en el funcionamiento nativo ni en la arquitectura lógica de comunicaciones del Fabricante del Bus.

- (B) Exigirle al Fabricante del Bus que suministre la información relativa a los códigos de falla en un formato interpretativo, claro y de alto nivel, que permita a Transmilenio su adecuada lectura técnica.
- (C) Estructurar y almacenar los datos de códigos de falla recolectados por el OBC en archivos de tipo JSON, incluyendo el identificador único del Bus y *timestamp* que garantice su trazabilidad.
- (D) Asegurar que los archivos sean transmitidos al SITSP una (1) vez por día y almacenados en el Centro de Datos ITS por un período mínimo de quince (15) Días, quedando disponibles para consulta o análisis por parte de Transmilenio.

- (xiii) RF013-SIGO-SMT: El software del OBC deberá implementar un módulo de *"despliegue remoto de textos y extra-textos en rúters"*, con capacidad para recibir, en tramas enviadas desde el CDEG, los textos y extra-textos que deban ser posteriormente desplegados en los diferentes paneles de los rúters.

Los mencionados textos y extra-textos deberán visualizarse en tiempo real, durante el tiempo que Transmilenio defina. Las interacciones de sincronización, los tiempos de duración, así como los propios textos y extra-textos estarán definidos en el Diccionario de Datos.

- (xiv) RF014-SIGO-SMT: El Concesionario de Provisión deberá estructurar una geo-cerca, entendida como un polígono geoespacial predefinido que delimita el área física correspondiente al Patio operativo, de acuerdo con la información suministrada por Transmilenio.

Dentro de la mencionada geo-cerca se aplicarán reglas especiales de tratamiento de los Eventos generados por el ITS No SIRCI. La geo-cerca deberá ser configurada

en todos los Buses y deberá ser actualizada de manera remota, según lo definido en el Documento Geoespacial, el cual será entregado por Transmilenio al Concesionario de Provisión al momento de la suscripción del Acta de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión.

- (xv) RF015-SIGO-SMT: El software del OBC deberá estar en capacidad de reconocer, mediante la geo-cerca previamente configurada, cuándo el Bus se encuentra en el Patio operativo y, en consecuencia, limitar el envío de la información hacia el CDEG.

Las pruebas de Telemetría y demás validaciones deberán poder ejecutarse a través del SITSP durante la Etapa Preoperativa Para este propósito, el Concesionario de Provisión deberá implementar esta funcionalidad en el SITSP.

4.4 El Subsistema de Analítica de Video (SAV)

(a) Generalidades

El SAV tiene como propósito principal analizar, en tiempo real o en diferido, las imágenes captadas por las cámaras de CCTV instaladas en los Buses.

El SAV se articulará directamente con el STS, para permitir el acceso a los flujos de video generados por las cámaras del HWV a través de *sockets* de red o *substreams*. A partir de estos datos, el SAV implementará algoritmos avanzados de visión por computador y analítica de video que permitirán identificar situaciones anómalas, patrones de comportamiento y Eventos relevantes para la operación y la seguridad del sistema de transporte masivo de pasajeros. Este escenario se encuentra dispuesto a través de los contenedores que desplegará Transmilenio para tal fin.

La información procesada por el SAV será gestionada por el SIGO y podrá ser utilizada por Transmilenio para: (i) el análisis estratégico, (ii) la toma de decisiones en tiempo real, (iii) la generación de alertas al CDEG, o su visualización en la HMI del conductor, cuando corresponda.

En ese sentido, el SAV será un subsistema clave para habilitar capacidades de inferencia embarcada, el reconocimiento de situaciones críticas y el fortalecimiento de la seguridad en la operación.

(b) Procesamiento de situaciones atípicas

El SAV deberá contar con la capacidad de procesar información de video que permita identificar situaciones atípicas tales como:

- (i) Los comportamientos de violencia dentro del Bus (Riña, hurto, agresión, etc).
- (ii) Los comportamientos bruscos o inadecuados que puedan generar incomodidad o riesgo para los pasajeros.

- (iii) La detección de la presencia de aglomeraciones de personas dentro del Bus.
- (iv) Otras situaciones que sean de interés de Transmilenio, definidas en el marco del “Container lab” o por quien este designe.

Para lo anterior, Transmilenio, dentro de sus desarrollos de analítica de video y entrenamiento de soluciones en el Container lab, generará subconjuntos de clasificación que permitan identificar las situaciones mencionadas y establecer los criterios aplicables a cada una de ellas.

(c) Requerimientos de hardware y análisis contenerizados.

Dado que los análisis que se realicen en el Container lab forman parte de procesos experimentales, la implementación de estas soluciones podrá articular escenarios de notificación a los conductores y, si se estima conveniente, incorporarse en procesos operacionales.

A continuación, se describen los requisitos mínimos que deberá cumplir el Concesionario de Provisión en relación con el SAV del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(d) Requisitos funcionales del SAV

- (i) RF001-SIGO-SAV: El sistema operativo en el OBC deberá implementar una tecnología orientada a Containers, de tal manera que este equipo de cómputo permita el despliegue de imágenes de software sobre dichos contenedores, con el fin de aprovechar la infraestructura TI física que ofrece el computador. Para tal propósito, el Concesionario de Provisión, estará obligado a garantizar lo siguiente:
 - (A) El OBC deberá estar disponible para un despliegue “orquestrado” y remoto a través del SITSP o desde cualquier ubicación que Transmilenio determine, ya sea por parte de la entidad o por quien este disponga.
 - (B) Las aplicaciones que se ejecuten en los contenedores serán de propiedad exclusiva de Transmilenio. Estos contenedores deberán contar, como mínimo, con acceso a: (i) la red CANBUS de chasis y carrocería del Bus, (ii) el streaming de video y audio de todas las cámaras conectadas al HWV, (iii) todos los recursos del OBC y su interacción con el ITS No SIRCI en su conjunto.
 - (C) El resultado del procesamiento de las soluciones contenerizadas deberá ser enviado al CDEG a través del SC.
 - (D) La capacidad para el despliegue remoto deberá ser de al menos cuatro (4) contenedores, cada uno de los cuales deberá estar debidamente especificado para su despliegue, contando con su *dockerfile* y su *docker-compose*, o la herramienta equivalente que permita identificar la imagen que se ejecute.

- (ii) RF002-SIGO-SAV: El Concesionario de Provisión en consideración con su solución de ingeniería podrá generar en el OBC un contenedor para interactuar con el ADAS, a través de la interfaz dispuesta para tal fin. Esta deberá correr en estos contenedores para articular los datos generados por el ADAS, lo cual permitirá procesar la información que entrega esta interfaz y enviar las tramas correspondientes a Alarmas o Eventos al CDEG, a través del SC.

Para el cumplimiento de lo anterior, Transmilenio tendrá la potestad de generar mesas de trabajo conjuntas que posibiliten el trabajo con el Concesionario de Provisión. El Concesionario de Provisión estará obligado a asistir a las mesas de trabajo previamente referidas.

- (iii) RF003-SIGO-SAV: Los datos que se deriven de las soluciones contenerizadas deberán ser enviadas, en tiempo y forma, al destino que disponga Transmilenio, ya sea al CDEG u otra solución definida. En ese sentido, podrán existir múltiples *endpoints* para la recepción de dicha información.

Para cumplir con lo anterior, el Concesionario de Provisión estará obligado a disponer en el SC los permisos, desarrollos y cualquier otra configuración técnica necesaria, de manera que los datos provenientes de la(s) solución(es) contenerizadas lleguen efectivamente a los puntos definidos por Transmilenio, bajo los esquemas de seguridad respectivos.

- (iv) RF004-SIGO-SAV: El Concesionario de Provisión deberá garantizar a su costo y riesgo la transmisión de datos por red celular y/o Wi-Fi de las soluciones contenerizadas en el OBC durante la Etapa Preoperativa hasta la suscripción del Acta de Inicio de Operación del Lote de Flota por cada Lote de Flota, desde cuando el Operador Designado por Transmilenio asumirá esta obligación.
- (v) RF005-SIGO-SAV: El Concesionario de Provisión deberá garantizar todos los accesos hacia el OBC mediante usuarios que cuenten con los privilegios necesarios en términos lectura, escritura y ejecución, formando parte del esquema de permisos de super usuario (sudoers). Dichos accesos deberán permitir a Transmilenio, o a quien este delegue, ingresar al sistema operativo y generar cualquier escenario de configuración requerido para el diseño, desarrollo, implementación, verificación y validación de las soluciones contenerizadas que hacen parte del Container lab.
- (vi) RF006-SIGO-SAV: El Concesionario de Provisión deberá entregar el usuario con los privilegios descritos y su respectiva contraseña para el acceso al SIGO, tanto mediante consola como a través de acceso remoto (Tipo SSH-X11 con acceso mínimo a gráficos).

Este usuario y contraseña deberán ser entregados a los sesenta (60) Días contados desde la entrega de la primera versión del PMI, de acuerdo con los tiempos establecidos en la Sección 3 del presente Anexo y que deberá hacer parte del PMI. Para esto último Transmilenio podrá probar este acceso vía consola.

- (vii) RF007-SIGO-SAV: El Concesionario de Provisión deberá entregar previo al inicio de la Etapa de Operación y Mantenimiento un documento auto explicativo de la conexión para que Transmilenio pueda ingresar al SIGO y trabajar, manipular, implementar, desplegar, modificar lo que requiera dentro del Container lab dispuesto en el OBC.

El acceso que se entregue por parte del Concesionario de Provisión deberá contar con todos los elementos de seguridad y acceso remoto requeridos para ingresar libremente al SIGO, usando la conexión segura y cifrada que se configure.

- (viii) RF008-SIGO-SAV: El Concesionario de Provisión deberá disponer de un escenario para el despliegue de los contenedores, con el fin de garantizar los esquemas de conectividad requeridos por el SAV, de manera que Transmilenio pueda controlar el OBC para actualizar, modificar, implementar y desplegar las soluciones contenerizadas pertenecientes al Container lab.

- (A) Una vez culminado el Período de Estabilización de la Flota, corresponderá al Operador Designado por Transmilenio garantizar el uso y funcionamiento del Container lab.
- (B) Transmilenio entregará al momento de la suscripción del Acta de Inicio del Contrato de Concesión de Provisión el Documento de Contenerización, el cual servirá como guía para los procesos de gestión de dicho entorno en el OBC.

4.5 El Subsistema de Interoperabilidad (SI-ITS)

El SI-ITS estará enfocado en permitir y generar un escenario de Interoperabilidad entre el ITS No SIRCI al interior del Bus, en función de los siguientes propósitos:

- (a) Generar y definir las reglas o protocolos de Interoperabilidad que deberán ser utilizados para la interacción entre los distintos componentes que integran el ITS No SIRCI, el cual forma parte de la arquitectura general de los sistemas de Transmilenio. Dichas reglas deberán contemplar, por ejemplo, la interacción entre el OBC y los dispositivos HWS, HWV, HW-RUT, HW-RAD, entre otros. El Concesionario de Provisión podrá implementar esta interacción, incluso, a través de servicios de sistema que permitan evidenciar su funcionalidad como parte integral del ITS No SIRCI.

- (b) Atender los distintos escenarios funcionales descritos en los requerimientos de software, particularmente aquellos relacionados con: (i) la gestión avanzada de rutas, y (ii) la confirmación de la identificación del conductor mediante esquemas biométricos o mediante tecnologías RFID. Así mismo, el subsistema deberá soportar la difusión de mensajes visuales y auditivos, y asegurar un entorno de calidad que garantice la Interoperabilidad integral de los sistemas que conforman el ITS No SIRCI, de forma que se logre una articulación efectiva de la información de los rúteros con el SIGO y el CDEG.
- (c) El SI-ITS tendrá como entorno de ejecución el OBC y deberá permanecer habilitado para ejecutar los servicios y acciones necesarios que aseguren una interacción coherente y eficiente con los sistemas y subsistemas que conforman la solución ITS No SIRCI.

A continuación, se describen los requisitos funcionales y no funcionales mínimos que deberá cumplir el Concesionario de Provisión en relación con el SI-ITS del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(a) Requisitos funcionales del SI-ITS (rúteros)

- (i) RF001-SIGO-SI-ITS: El HMI Conductor, deberá permitir el despliegue del texto de ruta sobre los rúteros, el cual será digitado por el conductor, quien tendrá que listar las rutas disponibles y seleccionar la ruta correspondiente a su plan de viaje, o bien desplegar mensajes del tipo “Bus en tránsito” o “fuera de ruta”, con el objetivo de informar de forma visual el estado del Bus. Para tal fin, el Concesionario de Provisión, estará obligado a considerar lo siguiente:
 - (A) En caso de desplegarse un mensaje de esta naturaleza, se deberá enviar una trama de Evento a Transmilenio sobre dicha condición, tomando en consideración que estos dispositivos (el HMI Conductor y el rútero) se encuentran conectados, en términos de lectura de datos o información, al OBC.
 - (B) La selección de la ruta será enviada como ID de ruta hacia el OBC, de tal manera que todas las tramas en su encabezado contengan esta identificación. En los casos en que no exista ruta seleccionada, deberá enviar al OBC el dato *"No Disponible"*.
 - (C) La identificación del conductor estará basada en su huella dactilar o, de manera alternativa, en la información almacenada en la tarjeta inteligente, la cual se empleará únicamente como solución extrema para efectos de la identificación. Podrá utilizarse adicionalmente el reconocimiento facial pero siempre utilizando la huella como identificador principal, lo anterior en los términos de la Sección 4.10 del presente Anexo.

- (ii) RF002-SIGO-SI-ITS: El HMI Conductor deberá tener la capacidad de recibir y desplegar mensajes de texto y/o auditivos originados desde el CDEG.
- (iii) RF003-SIGO-SI-ITS: El HMI Conductor deberá tener la capacidad de recibir datos adquiridos de la red CANBUS a través del OBC, para visualizar los aspectos operacionales que disponga Transmilenio.
- (iv) RF004-SIGO-SI-ITS: Los ruterios deberán permitir su configuración de manera manual, ya sea *in situ*, a través de consola, mediante una aplicación basada en servicios, o de forma automática, sin intervención humana, mediante la lectura de la información previamente cargada.
- (v) RF005-SIGO-SI-ITS: En su configuración alterna, los ruterios deberán poder recibir información desde la fuente que determine Transmilenio (archivos con la información de la programación de rutas o la que Transmilenio determine) y reflejarla en tiempo real en estos, o ser capaz de manejar de forma estática la información de programación de las rutas para ser desplegadas en el rutero (también en esquema de *batch* si se pierde comunicación con el rutero).
- (vi) RF006-SIGO-SI-ITS: Los ruterios podrán apoyarse en esquemas de geolocalización integrados o propios, para articular la información que estos despliegan con el lugar por donde transita el Bus, e indicar y registrar si este se encuentra fuera de operación (por ejemplo, en tránsito y mostrando el mensaje institucional correspondiente), en relación con la ruta programada. Esta articulación podrá realizarse con base en el Evento de inicio de operación, para efectos de comparar las paradas ejecutadas frente a las programadas.
- (vii) RF007-SIGO-SI-ITS: Los ruterios deberán enviar datos al SIGO en tramas abiertas, que sean leíbles e interpretables desde estos sistemas y subsistemas del ITS No SIRCI, en función del mensaje que se visualiza en el rutero. Los ruterios deben ser independientes al SIGO.
- (viii) RF008-SIGO-SI-ITS: Los ruterios deberán implementar un proceso automático que identifique la obturación del botón de pánico a través de la señal eléctrica, lo cual permitirá la configuración de mensajes de alerta para casos de emergencia. Dichos mensajes deberán activarse de forma automática una vez se obture el botón de pánico. Esta funcionalidad podrá ser requerida en concordancia con lo que determine Transmilenio.
- (ix) RF009-SIGO-SI-ITS: Los ruterios deberán estar configurados desde el momento en que el Bus se inspeccione y se vincule al Sistema TransMilenio; las configuraciones deberán ser acordes con las rutas asignadas.

- (x) RF010-SIGO-SI-ITS: Los rúteros deberán tener la capacidad, en todas sus configuraciones de rutas, de rotar los mensajes de un lado a otro (comúnmente denominado texto deslizante) o de estabilizar el mensaje como texto fijo. Asimismo, deberán poder disponer del área del rútero para los fines que determine Transmilenio.
- (xi) RF011-SIGO-SI-ITS: Aun cuando el rútero sea apagado manualmente por el conductor, la información de la ruta realizada deberá transmitirse al CDEG.
- (xii) RF012-SIGO-SI-ITS: Todos los rúteros deberán poder programarse por segmentos, permitir la visualización de distintas combinaciones de fuente y de fondo, desplegar caracteres especiales (@, ♥, #, €, ¡, *, ^, entre otros), programar múltiples renglones de texto (como mínimo 2), habilitar la programación de texto en negativo, desplegar al menos la cantidad de caracteres indicada en la siguiente tabla, permitir la variación del espaciado entre caracteres y programar pictogramas y caracteres de manera simultánea

Programación de texto	Altura de fuente (dot)	Cantidad de caracteres a desplegar
Un solo renglón	19	13 min
	16	20 min
	<16	> 20
	9	>25

Tabla 3. Cantidad de caracteres según altura de fuente

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio



Figura 3. Ejemplos ilustrativos de las funcionalidades de rúteros

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

(b) Requisitos no funcionales del SIGO SI-ITS (rúteros)

- (i) RNFS001-SIGO-SI-ITS: Los rúteros deberán ser de diversos tamaños y cantidades. Transmilenio, en la Etapa Preoperativa durante las sesiones de Fase de Ingeniería de Detalle previa a la fabricación de los Buses, validará y aprobará los dispositivos presentados y su posterior instalación en la Flota, con base en pruebas de funcionalidad, calidad de imagen producida e interfaz de programación que permita realizar simulaciones de funcionamiento en diferentes configuraciones, con el fin de verificar requisitos funcionales tales como múltiples líneas de texto, pictogramas, caracteres especiales, diversos tamaños de fuente y colores, entre otros.

La programación de rutas y las simulaciones correspondientes deberán ejecutarse igualmente a través del HMI Conductor.

Tipología	Cantidad de rúteros			Observaciones rúteros laterales
	Frontal *	Laterales	Posterior**	

Biarticulado	1	3	1	Un rutero lateral por cada sección rígida del Bus (Vagón) adyacente a la parte superior de una puerta de servicio
Articulado	1	2	1	Un rutero lateral por cada sección rígida del Bus (Vagón) adyacente a la parte superior de una puerta de servicio

Tabla 4. Cantidad de ruterios por tipología

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

- (A) Rutero frontal: ubicado delante del Bus en la parte superior del vidrio panorámico delantero.
 - (B) Rutero posterior: ubicado en la parte superior derecha del vidrio panorámico posterior.
- (ii) RNFS002-SIGO-SI-ITS: Los ruterios deberán tener una cantidad mínima de LED (filas x columnas), unas dimensiones máximas de distancia entre LED (*pitch*) y unas dimensiones de espacio visible mínimo, conforme a lo indicado en la siguiente tabla:

Rutero	Filas x columnas mínimas – Nomenclatura dimensional*		Área de visión mínima**		Distancia entre LED (pitch)***	
	Vertical (pixel/LED)	Horizontal (pixel/LED)	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	Filas – Horizontal (mm) [A – P2]	Columnas – Vertical (mm) [B – P1]
Frontal	19	160	1600	190	10	13.5
Lateral	19	64	640	190		

Posterior	19	64	640	190		
-----------	----	----	-----	-----	--	--

Tabla 5. Características de ruter

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

*Los Ruter pueden tener mayor cantidad de LED que los indicados en esta tabla, ello indicaría mejor resolución.

**El área mínima de visión hace referencia a las dimensiones físicas mínimas que deben tener los ruter en el espacio que es visible para los pasajeros. No hace referencia a la dimensión de la carcasa del ruter.

***La distancia entre LED expresada, se refiere a un máximo, son aceptables distancias entre LED menores a estas.

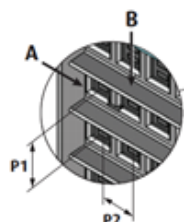


Figura 4. Distancia entre LED (Pitch)

Fuente: Elaboración propia Transmilenio

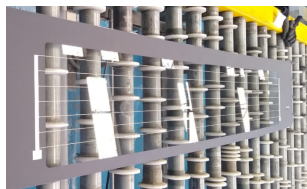


Figura 5. Especificaciones dimensionales de ruter

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

Para tal propósito, Transmilenio validará la condición de visibilidad a una distancia de 100 metros de los ruter con su configuración más grande de letra disponible.

- (iii) RNFS003-SIGO-SI-ITS: Los ruterros deberán contar con un sensor lumínico que regule automáticamente la intensidad de la luz en función de las condiciones lumínicas del exterior.
- (iv) RNFS004-SIGO-SI-ITS: Los ruterros deberán contar con sistemas de ventilación que eviten el empañamiento, mediante serigrafía calefactora en el vidrio protector (ver Figura 6). Todos los ruterros deberán estar protegidos con tapas plásticas cuyo diseño que minimice las aristas vivas y evite potenciales accidentes con los ocupantes. Estas tapas deberán contar con un espacio de dimensiones suficientes para contener el aviso de numeración interna, conforme a lo especificado por el Manual De Imagen y Normas Gráficas del Sistema TransMilenio. Cada rutero deberá ser de fácil mantenimiento y reemplazo, en caso de ser necesario (diseño acorde a criterios de mantenibilidad).



Ejemplo de serigrafía calefactora anti-empañamiento



Condición inaceptable de empañamiento de ruterros

Figura 6. Comparativo de anti-empañamiento vs empañamiento de los ruterros

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

- (v) RNFS005-SIGO-SI-ITS: El HW-RUT deberá actuar como controlador in situ del rutero e implementar y disponer de los medios de hardware suficientes, tales como CPU y demás elementos necesarios, que le permitan enviar y recibir información hacia y desde diferentes fuentes, entre las cuales se encuentran el CDEG, el HMI Conductor, los dispositivos de hardware y cualquier otro que determine Transmilenio. Todo lo anterior con el fin de garantizar la posibilidad de cambiar el mensaje a desplegar en el rutero.
- (vi) RNFS006-SIGO-SI-ITS: El HW-RUT deberá contar con interfaces de comunicación del tipo CANBUS, Wi-Fi, interfaces seriales del tipo RS232, RS485, USB, así como ofrecer conexión Ethernet que, mediante *sockets*, permita la configuración y la funcionalidad de la manipulación remota. Este dispositivo deberá contar con interfaces de comunicaciones que permitan su articulación con la

solución integral del ITS No SIRCI, estar articulado al OBC y generar la Interoperabilidad de este hardware con lo que determine el SI-ITS.

- (vii) RNFS007-SIGO-SI-ITS: Todos los ruterros (frontales, laterales y posteriores) deberán tener la capacidad de mostrar pictogramas incorporables desde la programación de rutas a desplegar que sean definidas por Transmilenio, así como Eventos especiales como extra-textos con pictogramas.

El texto y los pictogramas se deberán presentar en cualquier área del rutero de manera simultánea, lo que significa que la matriz de LED deberá ser parametrizable a discreción de Transmilenio.

- (viii) RNFS008-SIGO-SI-ITS: Los ruterros deberán instalarse en un circuito eléctrico independiente con las protecciones eléctricas adecuadas.
- (ix) RNFS009-SIGO-SI-ITS: El HW-RUT deberá tener puertos de salida para enviar información de su estado operativo al controlador de los ruterros y al HWS, de acuerdo con el Diccionarios de Datos definido por Transmilenio.
- (x) RNFS010-SIGO-SI-ITS: Los ruterros deberán estar conectados al sistema de respaldo energético que tenga el ITS No SIRCI.
- (xi) RNFS011-SIGO-SI-ITS: Los ruterros deberán ser tipo LED monocromático blanco.
- (xii) RNFS012-SIGO-SI-ITS: El HW-RUT deberá interactuar con el HMI del conductor para permitir seleccionar, desplegar y visualizar la ruta que el Bus tenga en su programación, así como la supervisión y gestión de este HW-RUT.
- (xiii) RNFS013-SIGO-SI-ITS: Los ruterros deberán tener al menos un ángulo de visión de 120° horizontal y 120° vertical.
- (xiv) RNFS014-SIGO-SI-ITS: Los ruterros deberán contar con compatibilidad electromagnética demostrada mediante la homologación bajo el reglamento técnico internacional UN/ECE R10, así como con la homologación de comportamiento frente al fuego conforme a las reglamentaciones y normas internacionales de seguridad contra incendios UN/ECE R118, FMVSS 302, ISO 6941 u otro estándar internacional equivalente.

Adicionalmente, se deberán suministrar todos los reportes de ensayos y los resultados anexos a las homologaciones respectivas.

- (xv) RNFS015-SIGO-SI-ITS: El rutero deberá tener un MTBF de mínimo sesenta mil (60.000) horas.

- (xvi) RNFS016-SIGO-SI-ITS: Los ruterios deberán conectarse en red de alta velocidad, la cual podrá ser de tipo serial. Adicionalmente, los ruterios que se despliegan en el Bus deberán estar en red, y todos aquellos que se desplieguen deberán poder ser manipulados de forma remota, conforme a lo que determine Transmilenio.
- (xvii) RNFS017-SIGO-SI-ITS: El Bus deberá disponer de una pantalla táctil, denominada HMI Conductor, con un tamaño comprendido entre 7 y 11 pulgadas (inclusive), ubicada en el habitáculo del conductor. Esta pantalla hará de las veces de HMI Conductor y deberá contar con una salida de audio para difundir información a un dispositivo de salida localizado en el mismo habitáculo.
- (A) La HMI Conductor deberá articular los diferentes requisitos de software dispuestos en el presente Anexo para el ITS No SIRCI. El Concesionario de Provisión deberá revisar las consideraciones de diseño correspondientes a su instalación, con el objetivo de garantizar la integración con el diseño de la cabina del conductor y el tablero de instrumentos del Bus, de forma que se evite la generación de puntos ciegos desde la perspectiva de conducción.
 - (B) Transmilenio no aceptará pantallas ubicadas mediante soportes sobre el millaré o el tablero de instrumentos. El HMI deberá garantizar que esta interfaz permita la visualización clara y eficiente de alertas, Eventos operacionales y estados del sistema, sin afectar la conducción segura del Bus. Además, El HMI podrá estar embebido dentro de otro dispositivo del ITS No SIRCI, siempre que se garantice su funcionamiento en coherencia con los requisitos funcionales y no funcionales aquí dispuestos.
- (xviii) RNFS018-SIGO-SI-ITS: El software de configuración de rutero y/o el HW-RUT deberá tener un entorno gráfico donde se pueda simular el funcionamiento de avisos de prueba, tanto en texto estático, como en texto móvil, colores, pictogramas, extra-textos, entre otros. Además, la interfaz o software de programación deberá brindar posibilidades completas de personalizar tanto el tipo de letra, como su tamaño, organización de rutas y destinos, textos a doble renglón, velocidad de rotación de textos, espaciamiento entre letras, colores, entre otros.
- (xix) RNFS019-SIGO-SI-ITS: El Concesionario de Provisión deberá suministrar mínimo cinco (5) usuarios licenciados para el acceso al software de programación y configuración de ruterios o, en caso de tratarse de interfaces web, para que Transmilenio y/o el Operador Designado por Transmilenio puedan realizar simulaciones previas del envío de mensajes (textos y extra-textos) a la programación masiva de ruterios en la Flota, durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.

No obstante, independientemente de dicho software, deberá ser comprobable por parte de Transmilenio la completa Interoperabilidad de este dispositivo con el ITS No SIRCI.

- (xx) RNFS020-SI-ITS: Los ruterios deberán tener y cumplir con las características propias de un equipo embarcado expuesto a vibraciones en un Bus y, en consecuencia, deberán cumplir con la norma IEC 60068-2-6

4.6 El Subsistema de Difusión de Información Local (SDL)

Este subsistema estará enfocado en la difusión local de información al interior del Bus y tendrá la capacidad de controlar y gestionar diferentes componentes de hardware, tales como las pantallas embarcadas (PDI) ubicadas en los cuerpos del Bus, el esquema de amplificación para articular el audio al interior del Bus y el sistema de megafonía del Bus. Asimismo, será responsable de desplegar información en la PDI relacionada con diferentes propósitos definidos por Transmilenio (por ejemplo: estado de activación de los puertos USB, velocidad y geoposicionamiento del Bus en el mapa, entre otros).

Adicionalmente, deberá contar con la capacidad de mostrar en la pantalla el video proveniente de algunas cámaras del Bus, con el fin de que los pasajeros tengan el conocimiento de que están siendo monitoreados y, de esta manera, se pueda disuadir posibles actos delictivos. Este subsistema, entre otras funciones, podrá reproducir información multimedia para los usuarios.

Por último, este subsistema deberá tener la capacidad de ser gestionado tanto local como remotamente, de manera que Transmilenio, desde sus áreas operativas, pueda cargar contenidos multimedia según lo considere necesario (campañas, socialización de información específica, entre otros.), incluyendo aquellos que puedan estar relacionados a negocios colaterales desarrollados por Transmilenio.

A continuación, se presentan los requisitos funcionales y no funcionales mínimos que deberá cumplir el Concesionario de Provisión en relación el SIGO-SDL del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(a) Requisitos funcionales SIGO-SDL

- (i) RF001-SIGO-SDL: El OBC deberá contar con la funcionalidad que permita la visualización por parte del pasajero de la velocidad actual del Bus, a través de una pantalla (*display*) por cuerpo del Bus (vagón). Esta funcionalidad deberá tener un tiempo de refresco de la velocidad, de tal manera que permita la lectura para el pasajero a bordo del Bus. La frecuencia de refresco deberá ser parametrizable desde el CDEG.

- (ii) RF002-SIGO-SDL: El OBC deberá incluir la funcionalidad que permita el cargue del contenido audiovisual de manera automática mediante conexión remota a una aplicación suministrada por el Concesionario de Provisión, la cual deberá habilitar la administración y programación, por parte de Transmilenio o a quien este designe, de la publicidad y otros demás contenidos que se mostrarán en la PDI y, así mismo, a través del acceso al portal cautivo, en el módulo de visualización de contenido multimedia.

Lo anterior podrá articularse a través de un acceso cliente o, en casos excepcionales, de forma manual, a través del descargue de datos por los diferentes puertos locales y bajo la gestión del administrador ITS, de tal manera que se garantice en todo momento que este contenido sea visualizado en las PDI conforme a la frecuencia y programación definidas por Transmilenio.

- (iii) RF003-SIGO-SDL: El SDL deberá tomar la información de geoposicionamiento (GPS) proporcionada por el SC, con el fin de que la pantalla muestre automáticamente al usuario el recorrido del Bus sobre un mapa cartográfico. Dicho mapa podrá permanecer visible de forma continua en uno de los cuadros o secciones de la pantalla, y deberá ser parametrizable por Transmilenio. Además, el sistema deberá desplegar una escala adecuada que favorezca la orientación de los usuarios mientras el Bus se encuentra encendido. El contenido presentado deberá estar debidamente georreferenciado.
- (iv) RF004-SIGO-SDL: La PDI deberá desplegar la geolocalización del Bus con el fin de presentar de manera interactiva esta información al usuario, es decir, en la pantalla deberá ser posible ver en qué punto específico va el Bus (en un mapa). La pantalla deberá tener la capacidad de ser dividida en segmentos, razón por la cual, un segmento específico, deberá disponer de esta información para los usuarios en una escala de representación adecuada para facilitar la ubicación de la ciudadanía.
- (v) RF005-SIGO-SDL: La PDI deberá tener la capacidad de visualizar todas las señales de video de las cámaras internas del Bus, para ello, este dispositivo deberá ser capaz de generar una señal de *streaming* de video dispuesta por recuadros en la pantalla informativa. Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá articular una señal de salida de video o de datos desde el HWV hacia el SDL.

El *streaming* de video de todas las cámaras se deberá visualizar durante un (1) minuto por cada diez (10) de operación del Bus. Este requerimiento y su periodicidad podrá ser parametrizable por Transmilenio, a su discreción.

- (vi) RF006-SIGO-SDL: El mapa cartográfico que se proyecte en las PDI deberá mostrar, mediante un esquema de capas, la ruta que el Bus está realizando. Este dato de ruta,

lo deberá solicitar al OBC, quien a su vez tomará esta data del HW-RUT y la representará sobre el mapa referido. La visualización de ruta sobre el mapa cartográfico deberá permanecer sincronizada, en todo momento, con la posición geográfica real del Bus durante el recorrido correspondiente a la ruta asignada.

(b) Requisitos no funcionales del SIGO-SDL

- (i) RNFS001-SIGO-SDL: El Bus deberá contar con al menos una (1) PDI por vagón para exposición de contenido audiovisual. La ubicación de cada PDI deberá ser definida y aprobada mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión por Transmilenio y/o a quien este designe, y deberá incluirse la ficha técnica en la documentación técnica a ser entregada por parte del Concesionario de Provisión en los términos del presente Anexo, con sus respectivos soportes.
- (ii) RNFS002-SIGO-SDL: La PDI deberá contar con puerto HDMI, VGA o Display Port y contar con dimensiones acorde tamaño del cuerpo del Bus, con un mínimo de 32 pulgadas. La instalación de la pantalla por parte del Concesionario de Provisión deberá garantizar la seguridad física de los pasajeros, mediante una fijación adecuada que evite su desprendimiento, hurto o la sustracción de sus partes. El Concesionario de Provisión deberá definir la ubicación de las pantallas a partir del diseño interno de los Buses y podrá usar conectores no estándar del tipo de puerto, pero de características industriales que garanticen una operación bajo condiciones de operación vehicular.
- (iii) RNFS003-SIGO-SDL: La PDI deberá funcionar a 24 VDC con la fuente de alimentación del ITS No SIRCI, cuya referencia será los esquemas de protección eléctrica pertinentes para todos los equipos internos.
- (iv) RNFS004-SIGO-SDL: La PDI deberá garantizar que la señal de audio y video generada por el dispositivo OBC sea replicada y/o amplificada para cada PDI instalada en el Bus, de tal modo que se mantenga su fidelidad de audio y video.
- (v) RNFS005-SIGO-SDL: Los parlantes del SDL deberán permitir la divulgación de mensajes provenientes de los sistemas de hardware que se definan. En consecuencia, será obligación del Concesionario de Provisión considerar dichos elementos y articular las diferentes entradas, a la solución de audio hacia la salida amplificada, para garantizar su adecuada divulgación al interior del Bus.
- (vi) RNFS006-SIGO-SDL: Los parlantes deberán instalarse de tal forma que la fidelidad del sonido sea adecuada para los usuarios, conforme a cada una de las tipologías de

Bus. El Concesionario de Provisión estará obligado a cumplir, como mínimo, con las siguientes Especificaciones Técnicas:

- (A) Potencia nominal: mayor o igual a 25 W.
 - (B) Impedancia: 4 Ohms.
 - (C) Rango de operación en temperatura: entre -5°C y $+50^{\circ}\text{C}$.
 - (D) Rango de frecuencia: de 20 Hz a 16 kHz, con una respuesta plana que no supere los ± 3 dB dentro de dicho rango.
 - (E) Relación señal/ruido (SNR): entre 75 dB y 90 dB.
 - (F) Nivel de presión sonora (SPL): homogéneo al interior del Bus, con una variación menor o igual a ± 6 dB.
- (vii) RNFS007-SIGO-SDL: Los niveles de sonido deberán ser definidos y aprobados por Transmilenio mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, y deberán ser ajustados por el hardware, con el objetivo de eliminar cualquier posibilidad de manipulación por parte del conductor.
- (viii) RNFS008-SIGO-SDL: La emisión de sonido deberá realizarse con base en las diversas fuentes de sonido descritas en el presente Anexo.
- (ix) RNFS009-SIGO-SDL: Ante condiciones de máximo uso del Bus, los parlantes deberán permitir que el audio sea escuchado desde todas las posiciones al interior del Bus, para ello, se requiere un análisis con sonómetros para este fin o como lo determine Transmilenio.
- (x) RNFS010-SIGO-SDL: Transmilenio evaluará la fidelidad del sonido en las distintas tipologías de Buses troncales y, para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá disponer del acompañamiento de personal calificado, específicamente un ingeniero de sonido, quien deberá realizar las mediciones correspondientes, mediante instrumentación, del escenario frecuencial y de potencia generado en los Buses de las diferentes tipologías.
- (xi) RNFS011-SIGO-SDL: Transmilenio será quien valide la fidelidad del amplificador y evalúe la calidad de sonido en función de las necesidades de los usuarios, teniendo en cuenta la referencia establecida por el profesional de ingeniería de sonido. Lo anterior deberá ser aprobado por Transmilenio.
- (xii) RNFS012-SIGO-SDL: El amplificador de sonido deberá aumentar la amplitud de la señal de sonido emitida por la unidad lógica del SIRCI y de otros dispositivos a bordo del Bus, según la prioridad dada.

- (xiii) RNFS013-SIGO-SDL: El amplificador de sonido deberá permitir la configuración de la amplitud y potencia a aumentar, la cual deberá ser fijada siguiendo las directrices de un profesional de ingeniería de sonido o similar, a cargo del Concesionario de Provisión que avale la configuración de sonido.
- (xiv) RNFS014-SIGO-SDL: El sistema de amplificación de sonido deberá permitir la gestión centralizada y automatizada de diversas fuentes de audio, a través de una entrada de sonido para cada una de estas fuentes, lo cual habilitará la difusión de mensajes informativos y alertas haciendo uso de los parlantes dispuestos al interior del Bus.
- (xv) RNFS015-SIGO-SDL: El amplificador de sonido deberá permitir la selección individual de cada una de las fuentes de entrada, conforme a un esquema de priorización definido por Transmilenio, el cual incluirá igualmente los mensajes del SIRCI. En virtud de dicho esquema, el sistema de priorización deberá contar con la capacidad de interrumpir cualquier mensaje en reproducción, con el fin de difundir el audio que corresponda a la prioridad establecida. A manera de ejemplo, el sistema deberá estar en capacidad de recibir el *streaming* de audio proveniente de la emisora de Transmilenio, para lo cual el Concesionario de Provisión estará obligado a disponer de la solución técnica que permita su implementación.
- (xvi) RNFS016-SIGO-SDL: El amplificador de sonido deberá contar como mínimo con una frecuencia de 20Hz ~ 20 KHz, relación de señal/ruido $\geq 80\text{dB}$, THD $\leq 0.03\%$, potencia activa mínima de 25 W 4x4 y capacidad de operar con temperaturas entre -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$.
- (xvii) RNFS017-SIGO-SDL: La PDI ubicada en cada cuerpo del Bus deberá contar con la capacidad de dividir su área de visualización en segmentos, con el fin de mostrar información de interés para los usuarios.
- (xviii) RNFS018-SIGO-SDL: El sonido del contenido audiovisual desplegado en las PDI deberá estar articulado con el amplificador de sonido del Bus.
- (xix) RNFS019-SIGO-SDL: Las PDI deberán articularse al OBC para permitir su control y generar los contenidos correspondientes.
- (xx) RNFS020-SIGO-SDL: El Concesionario de Provisión deberá prever la implementación de un hardware adicional tipo *splitter* de video de 4K de una entrada y varias salidas, así como su audio donde se posibilite copiar la entrada de video al menos cuatro (4) puertos o varias salidas HDMI para que se difunda la señal de video y audio con la información hacia los usuarios y sin retardo.

- (xxi) RNFS021-SIGO-SDL: La PDI deberá soportar diferentes formatos analógicos de video, tales como NTSC/PAL y formatos digitales de video como MPEG en sus diferentes versiones, MOV, AVI, entre otros)
- (xxii) RNFS022-SIGO-SDL: El Concesionario de Provisión deberá prever la implementación de un esquema de centro de emisión radial, mediante *streaming* de audio a través de internet o por el mecanismo que determine Transmilenio, con el fin de masificar la información dirigida a los usuarios, relativa a novedades, noticias, emergencias o esquemas publicitarios, entre otros. Dicho sistema deberá contar con un selector de audio que permita elegir automáticamente la salida de audio destinada a su reproducción al interior del Bus.
- (xxiii) RNFS023-SIGO-SDL: El Concesionario de Provisión deberá incorporar un HW-RAD o tomar ventaja de los dispositivos de hardware ya usados para articular la señal de streaming de audio para emisión radial en el Bus.
- (xxiv) RNFS024-SIGO-SDL: El ITS No SIRCI deberá contar con un hardware que permita la comunicación y el despliegue de mensajes de voz hacia los pasajeros por medio de los parlantes del Bus, utilizando un transductor-micrófono. Este mecanismo deberá permitir, por ejemplo, que en situaciones de contingencia los conductores puedan comunicarse con los pasajeros mediante altavoz, con el propósito de brindar información relevante. El micrófono deberá ser capaz de capturar la voz humana y transmitirla bajo condiciones de calidad que aseguren la fidelidad del mensaje emitido. Para esto el Concesionario de Provisión deberá asegurarse que el dispositivo permita cumplir con las siguientes características técnicas:
- (A) Relación Señal a Ruido Mayor o igual a 60dB
 - (B) Integrar tecnología de cancelación activa de ruido (ANC) o formación de haz direccional (*beamforming*) para suprimir ruidos de fondo propios del Bus.
 - (C) El sistema de captura y reproducción de voz deberá alcanzar un índice (*Speech Transmission Index*) $STI \geq 0.6$ (calidad “buena”) en mediciones realizadas en el interior del Bus con motor encendido y en movimiento.
- (xxv) RNFS025-SIGO-SDL: El Bus deberá incorporar un HW-RAD que estará enfocado en atender el escenario de *streaming* de audio y deberá estar articulado al amplificador de audio del Bus. Este dispositivo deberá ser un sistema embebido que permita gestionar la señal de *streaming* que envía Transmilenio para ser difundida en el Bus a través de los parlantes del Bus.

- (xxvi) RNFS026-SIGO-SDL: Las PDI deberán estar en la capacidad de presentar la información audiovisual, tanto en pantalla completa como en secciones menores que permitan organizar este contenido y visualizarlo en paralelo, de tal manera que el pasajero pueda observar diferentes tipos de información al mismo tiempo.
- (xxvii) RNFS027-SIGO-SDL: Las PDI deberán contar como mínimo con una resolución Full HD del orden de 1920×1080, un ángulo de visión de mínimo 170°, protección mínima IP54, capacidad de operar con temperaturas entre -10°C a +50°C, brillo mínimo de 800 nits (cd/m²) y relación de contraste mínimo 1000:1.
- (xxviii) RNFS028-SIGO-SDL: Las PDI deberán acreditar aptitud para uso vehicular mediante certificación o reportes de ensayo de vibración y choque bajo cualquiera de los siguientes esquemas: MIL-STD-810H métodos 514.8 y 516.8, ISO 16750-3, o estándar técnico equivalente aplicable a equipos electrónicos embarcados en bus, siempre que cubra condiciones de vibración aleatoria y choque mecánico propias de operación en buses.

4.7 Interfaz con el ADAS

Esta interfaz hace parte del SIGO y tendrá como finalidad la articulación de los datos provenientes del ADAS hacia los sistemas y subsistemas del SIGO y, en consecuencia, hacia el CDEG. El Concesionario de Provisión estará obligado a considerar lo dispuesto en el Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión, en lo relativo a los sistemas ADDW y DDAW y, disponer la información necesaria al SIGO para identificar tanto su funcionamiento como la información que el sistema avanzado de asistencia al conductor genera.

Algunas de las situaciones reportadas por el ADAS, serán enviadas al CDEG por medio del protocolo MQTT en sus respectivos formatos de trama, en coherencia con el Diccionario de Datos y el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

El Concesionario de Provisión deberá garantizar que el sistema ADAS dispuesto en el Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión entregue, en su conjunto, un punto de toma de datos para la interfaz ADAS desde el SIGO.

A continuación, se describen los requisitos funcionales y no funcionales mínimos que deberá seguir el Concesionario de Provisión para la interfaz con el ADAS:

- (i) RF001-SIGO-ADAS: La interfaz ADAS deberá recibir información para generar testigos de advertencia visual en el HMI en caso de falla o funcionamiento inadecuado del sistema de distracción. Lo anterior deberá ser reportado al CDEG en coherencia con lo definido en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI ITS No SIRCI y el Diccionario de Datos.

Para la implementación de la interfaz ADAS, el Concesionario de Provisión podrá tomar ventaja del escenario de hardware del OBC para entrada y salida de datos.

- (ii) RF002-SIGO-ADAS: La interfaz ADAS deberá recibir información de desactivación en consideración de las situaciones predefinidas por el Fabricante, en caso de que haya lugar (detección de interferencia o fallos en los sensores, condiciones inadecuadas de visibilidad o iluminación, falta de interacción o reconocimiento del conductor, activación de otros sistemas de asistencia, entre otros).
- (iii) RF003-SIGO-ADAS: La interfaz ADAS deberá reportar las alertas y Eventos del CDEG por cambio de estado.
- (iv) RF004-SIGO-ADAS: Ante un fallo permanente del sistema ADAS del Bus, siempre que este sea detectable, deberá emitirse una señal al SIGO, con el fin de articular las señales de Eventos y/o Alarmas definidas en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI, que se derivan del Diccionario de Datos (en especial con respecto a las distracciones y somnolencia). Estas novedades deberán ser almacenadas en el SIGO (por cambio de estado) y, en caso de producirse durante el período de falla, no generarán ni remitirán alertas al CDEG ni al HMI.
- (v) RF005-SIGO-ADAS: La interfaz ADAS y el ADAS del Bus deberán articularse a través de protocolos abiertos, estandarizados y compatibles con la arquitectura del ITS No SIRCI, quedando expresamente prohibida la utilización de protocolos propietarios o de aquellos que generen restricciones relacionadas con el uso de licencias, suscripciones u otros costos asociados al acceso, extracción o transmisión de información.

El Concesionario de Provisión será responsable de garantizar el adecuado flujo de datos y el reporte oportuno de Eventos generados por el ADAS a la interfaz del ADAS

- (vi) RF006-SIGO-ADAS: La interfaz del ADAS deberá recibir información proveniente del ADAS del Bus en relación con la escala de somnolencia especificada en el Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión. Con base en dicha información, deberán generarse los Eventos y/o Alarmas previstas en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y articuladas en el Diccionario de Datos.

4.8 El Sistema de Comunicaciones

El Concesionario de Provisión deberá asegurar que el SC se articule con un esquema de conectividad externa (proveedor de internet o ISP) para que la arquitectura del ITS No SIRCI esté conectada al CDEG. Adicionalmente, deberá garantizar que este sistema esté en capacidad de

recibir información y compartirla hacia el SI-ITS, para que los otros dispositivos que hacen parte del ITS No SIRCI reciban las configuraciones o parametrizaciones definidas en el Diccionario de Datos de Transmilenio.

El SC será responsable de detectar el geoposicionamiento del Bus, constituyéndose en la única fuente de provisión de esta data para los sistemas y subsistemas que la requieran. En consecuencia, todo el hardware/software asociado al ITS No SIRCI deberá estar articulado en términos de sincronización con el GPS de este dispositivo, incluyendo el *streaming* de video proveniente del hardware de video, el cual deberá estar articulado con el posicionamiento que ofrezca el SC.

Este dispositivo constituye un componente crítico dentro de la solución tecnológica, al actuar como núcleo de comunicaciones. Por lo tanto, el Concesionario de Provisión deberá garantizar que el SC cuente una arquitectura de alta robustez técnica que asegure la confiabilidad, continuidad operativa y soporte a largo plazo del ITS No SIRCI.

Desde la perspectiva de la centralización en la comunicación de datos, el SC será el único encargado de la transmisión y recepción de datos hacia y desde el CDEG. Adicionalmente, deberá contar con una interfaz Wi-Fi y un portal cautivo que permitan a los pasajeros del Bus acceder de manera segura al servicio de internet, conforme a las políticas definidas por Transmilenio.

El SC deberá garantizar las rutas de comunicación entre las diferentes interfaces del ITS No SIRCI, a través de conexiones seguras, haciendo uso de túneles cifrados y mecanismos de autenticación propios de un sistema de conexión remota, tanto con el CDEG como con el SITSP.

Para ello, deberá tomar ventaja de las tecnologías aplicables a este entorno tales como antenas Wi-Fi, antenas GNSS, antenas celulares con soporte de 4G/ 5G, así como puntos de acceso Wi-Fi, incluyendo las siguientes capacidades:

- (a) Conectividad alterna de *failover*: el hardware que haga las veces de SC deberá proporcionar una conexión estable y sin interrupciones incorporando redundancia por hardware (*Dual Homing*) de doble SIM, asegurando así una alta disponibilidad y fiabilidad de los servicios de comunicación.
- (b) Seguimiento y gestión eficiente del Bus: esto implica el uso de antenas GNSS para la localización precisa del Bus en tiempo real.
- (c) Comunicaciones avanzadas: integrar antenas celulares 4G y 5G para garantizar una conectividad rápida y confiable, mejorando la capacidad de comunicación del Bus en áreas urbanas y suburbanas.
- (d) Mejora de la experiencia del pasajero: proporcionar un entorno digital cómodo y conectado para los pasajeros, mediante la provisión de acceso a internet y servicios digitales que enriquezcan su experiencia durante el viaje.

El SC deberá ser capaz de generar hacia el interior del Bus la red que deberá desplegarse en articulación con los sistemas y subsistemas dispuestos en este Anexo, es decir, una red integrada que conecta todos los ITS No SIRCI dentro del Bus, asegurando una comunicación fluida y eficiente.

Por otra parte, durante la Etapa Preoperativa, el Concesionario de Provisión deberá suscribir un contrato de servicio de telecomunicaciones con el o los actores que considere pertinentes, con el objetivo de brindar la prestación del servicio de telecomunicaciones móviles, en condiciones óptimas, con un proveedor que suministre un canal de comunicaciones con capacidad suficiente (ancho de banda y de transferencia 3G/4G/5G), para la operación de los equipos embarcados en los Buses.

El contrato previamente referido deberá asegurar que dicho servicio cumpla con los niveles de calidad necesarios para el funcionamiento del ITS No SIRCI, en especial aquellos relacionados con la transmisión de video, envío de Eventos y comandos, desde y hacia el CDEG. Para tal fin, el Concesionario de Provisión deberá garantizar que los planes de datos se mantengan operativos durante todo el plazo de ejecución de la Etapa Preoperativa, a partir del inicio de la conexión del Prototipo en Ambiente Controlado y hasta la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota por cada Lote de Flota.

Ahora bien, a partir de la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota de cada Lote de Flota, la obligación de realizar el acuerdo estratégico o contrato de servicios de telecomunicaciones estará a cargo del Operador Designado por Transmilenio.

Para tal fin, el Concesionario de Provisión deberá desarrollar las siguientes actividades:

- (a) Seleccionar y contratar un proveedor de red móvil con cobertura y calidad comprobada en las zonas de operación del Sistema TransMilenio (troncales y Patios) o en el lugar donde esté el Prototipo en Bus.
- (b) El contrato de servicio de telecomunicaciones deberá encontrarse perfeccionado a partir del momento en que se inicie la conexión del Prototipo en Ambiente Controlado.
- (c) Para establecer la capacidad del canal, se requerirá que el Concesionario de Provisión realice configuraciones específicas del ITS No SIRCI que controle el tráfico de datos, así como generar la apertura y cierre de puertos, establecer configuraciones de firewall u otra configuración para evitar grandes consumos de datos, y garantizar el envío de métricas de uso tanto de la red Wi-Fi local como al servicio de internet, teniendo de referencia el portal cautivo que deberá presentarse al usuario para su navegación.

A continuación, se describen los requisitos mínimos funcionales y no funcionales que deberá cumplir el Concesionario de Provisión en relación con el SC del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(a) Requisitos funcionales del SC

- (i) RF001-SC: El router del Bus (HWC) deberá articularse a un canal de comunicaciones, el cual deberá ser suministrado en la Etapa Preoperativa por el Concesionario de Provisión, con el objetivo de aportar los datos requeridos para presentar en la interfaz de usuario del CDEG, los datos de la transmisión del video por demanda. Estos datos serán la velocidad del canal en bps (bits-per-second) y la cantidad de FPS transmitidos.
- (ii) RF002-SC: El router del Bus (HWC) deberá permitir la gestión de seguridad perimetral tipo *Firewall*, que tenga control de la información que ingresa y sale de la red LAN del Bus y su interfaz con el ISP (Prestador de Servicios de Internet) y por supuesto, su acceso a Internet.
- (iii) RF003-SC: El router del Bus (HWC) deberá implementar reglas orientadas al control de acceso a páginas y sitios web no deseados o reconocidos como inseguros. Esto deberá implementarse a través de políticas de la seguridad de la información apropiadas para este entorno.
- (iv) RF004-SC: El router del Bus (HWC) deberá tener la capacidad de implementar la funcionalidad de *Access Point* (AP) para habilitar la conexión de usuarios a internet a través de Wi-Fi (802.11 ac), haciendo uso tanto de las bandas de 5GHz como de 2.4GHz en simultáneo.
- (v) RF005-SC: El pasajero al interior del Bus, deberá conectarse a través de un esquema tipo portal cautivo o *hotspot*, el cual le permita tomar datos básicos del pasajero y habilitar la conexión a internet por Wi-Fi durante un tiempo limitado y el acceso al servicio de entretenimiento a bordo, esto último en caso de que así se determine. Los datos recolectados del usuario, para el uso del portal cautivo serán la edad, y su género.
- (vi) RF006-SC: Los sistemas de seguridad y comunicaciones a bordo del Bus deberán contar con un perfil de administrador, con roles y credenciales suficientes para tener control y gestión de la información que se genera e intercambia con las diferentes interfaces LAN y WAN. Transmilenio podrá consultar todos los niveles de seguridad de acceso a través de este administrador.
- (vii) RF007-SC: El SC deberá asegurar que todas las interfaces y conexiones, tanto internas como externas (para usuarios y CDEG) se realicen a través de una forma adecuada de autenticación, y que dicho control no se pueda evadir.
- (viii) RF008-SC: El SC deberá validar la identidad de los usuarios a través de los mecanismos de autenticación de identidad provistos por el sistema operativo y/o

interfaz de usuario (de estar presente) de cada uno de los dispositivos (HWV, OBC, HWS y HWC).

El SC actuará como puente en términos de SSH para alcanzar cualquier dispositivo perteneciente al ITS No SIRCI. En consecuencia, los usuarios y dispositivos deberán ser validados en la red LAN correspondiente. Adicionalmente, se deberá aplicar NAT a los dispositivos que procedan y en los puertos previamente elegidos y socializados con Transmilenio, en el marco de la documentación presentada y aprobada en el PMI.

- (ix) RF009-SC: El SC deberá asegurar que en la solución tecnológica del ITS No SIRCI, se encuentren definidos claramente los tipos de usuarios (roles) y los privilegios (políticas de acceso) correspondientes para cada uno de los sistemas y subsistemas. En ese sentido, el dispositivo deberá actuar como pasarela de acceso para a los otros dispositivos que soportan el SIGO y sus subsistemas contenerizados, el STS, el SDF, entre otros.
- (x) RF010-SC: El SC deberá asegurar que se apliquen los principios de diseño del mínimo privilegio en la operación de la solución tecnológica del ITS No SIRCI, entendiendo que Transmilenio o quien este delegue deberá contar con los permisos suficientes para operar el SIGO.
- (xi) RF011-SC: El SC deberá asegurar que los mecanismos de autorización trabajen correctamente. De existir algún tipo de falla, esta deberá presentarse en un entorno seguro y no podrá ser evadida.
- (xii) RF012-SC: El Concesionario de Provisión, a través del SC, deberá asegurar que el sistema implemente algoritmos o métodos criptográficamente seguros de fuente abierta y ampliamente aceptados, y que en ningún caso se utilicen algoritmos criptográficos propios.
- (xiii) RF013-SC: El SC deberá tener múltiples llaves criptográficas, diferenciando la función o uso de cada una de ellas. El Concesionario de Provisión tendrá la obligación de suministrar a Transmilenio o a quien este designe, la data y/o información desenscriptada capturada, almacenada y/o procesada por el ITS No SIRCI, sin restricción alguna y sin que ello genere costo para Transmilenio.
- (xiv) RF014-SC: El SC deberá verificar la estructura de los archivos de código y/o despliegue de aplicaciones para asegurar que no existan componentes que puedan ser directamente accedidos o que estén disponibles allí para usuarios no autorizados.
- (xv) RF015-SC: El Concesionario de Provisión deberá asegurar que el SC implemente un modelo de segregación de funciones con controles de auditoría, que permitan

hacer seguimiento a los accesos no autorizados a la información o al abuso de los privilegios administrativos en el sistema.

- (xvi) RF016-SC: El HWC deberá permitir su conectividad remota a través de escenarios de SSH u otras interfaces teniendo como referencia las interfaces físicas de red como LAN, WAN y WLAN. Las anteriores deberán ser configuradas bajo esquemas de cifrado y seguridades pertinentes.
 - (A) De igual forma, el SC deberá permitir una conectividad física por medio de una interfaz de administración, quedando expresamente establecido que únicamente Transmilenio podrá autorizar quién se conecta a través del HWC, en tanto dicho dispositivo otorga acceso al ITS No SIRCI y, por consiguiente, a cualquiera de sus subsistemas.
 - (B) En virtud de lo anterior, el Concesionario de Provisión deberá entregarle a Transmilenio la documentación técnica, a través del PMI, que incluya todas las direcciones IP, el procedimiento de acceso al ITS No SIRCI con los respectivos usuarios y contraseñas, que permitan a Transmilenio el acceso por SSH a todos los equipos del ITS No SIRCI. El Concesionario de Provisión deberá entregar dicha información en un documento protegido, asegurando la confidencialidad de la información compartida.
- (xvii) RF017-SC: El SC deberá aportar al CDEG información relacionada con la cantidad de usuarios conectados, tanto a la red Wi-Fi local como al servicio de internet. Esta data deberá estar georreferenciada.

La frecuencia de envío de esta información estará definida en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos suministrado por Transmilenio. Para tal fin, El Concesionario de Provisión podrá emplear la información proveniente de la interfaz web o, en su defecto, a través del uso comandos de Linux que al menos recojan la información diaria, la cual podrá ser enviada al CDEG.

- (xviii) RF018-SC: El SC será el responsable de adquirir, sincronizar y distribuir la información de geoposicionamiento a todos los demás componentes del ITS No SIRCI. Lo anterior busca mantener una única fuente de información para datos geoespaciales, facilitar la trazabilidad, el análisis cruzado entre sistemas y la auditoría centralizada desde el CDEG. En ese sentido, este equipo deberá ofrecer un servicio para todo el ITS No SIRCI que permita el consumo de esta información. En caso de que no sea este el equipo definido para implementar esta funcionalidad, se deberá presentar un análisis de responsabilidades funcionales a nivel de los sistemas

para que la información de geoposicionamiento sea siempre única y cumpla con el propósito definido en este requisito y los que están relacionados.

(xix) RF019-SC: El HWC deberá implementar geocercas que permitan identificar, en todo momento, si el Bus se encuentra dentro del perímetro geográfico del Patio, utilizando datos de GPS. Como criterio adicional de validación, se deberá considerar la conexión del equipo a la red Wi-Fi del Patio como segundo factor de confirmación de presencia.

(A) Una vez validada la permanencia del Bus en el Patio a través de cualquiera de estos mecanismos, el HWC deberá inhibir automáticamente la generación de alertas críticas, tales como la activación del botón de pánico, con el fin de evitar falsos positivos durante operaciones rutinarias de mantenimiento.

(B) Adicionalmente, cuando el Bus se encuentre en el Patio y conectado a la red Wi-Fi de este, el HWC deberá reportar su presencia al SITSP para que dicho este identifique que el Bus está activo y pueda proceder a la descarga de videos.

(C) Esta funcionalidad deberá ejecutarse de manera autónoma en el dispositivo embarcado, con una frecuencia de evaluación configurable, cuyo valor por defecto será de tres (3) minutos, salvo que el Bus se encuentre apagado. En caso de encendido, el Bus deberá reportarse al SITSP tan pronto se active el servicio de reporte al Patio.

(D) Cuando el Bus salga de la geocerca del Patio, este servicio deberá suspenderse hasta tanto el Bus retorne a dicho perímetro. La activación del servicio de geocerca se producirá cuando el GNSS del HWC detecte el perímetro del Patio o, en su defecto, la conexión a la red Wi-Fi del mismo.

(b) Requisitos no funcionales del sistema de comunicaciones

(i) RNFS001-SC: El HWC deberá contar con capacidades de redundancia que garanticen la continuidad del servicio en caso de fallas de red, incluyendo: conmutación automática por error (*failover*) cuando se detecte pérdida de conectividad física o lógica del enlace principal; soporte para balanceo de carga entre múltiples interfaces activas; recuperación automática tras reinicio o falla eléctrica; y generación de registros de Eventos que incluyan marca de tiempo, interfaz afectada y duración. Para garantizar lo anterior, El Concesionario de Provisión deberá asegurar que:

- (A) El tiempo de conmutación no supere los diez (10) segundos y no presente interrupción alguna en la transmisión de datos hacia el CDEG.
 - (B) El soporte de *failover* en el HWC se implemente mediante dual SIM en este dispositivo. Esta característica constituye un elemento de contingencia contemplado por Transmilenio, teniendo en cuenta que los dispositivos de hardware que actualmente cumplen la función de HWC cuentan con esta ventaja técnica para garantizar la transmisión de datos.
 - (C) No será obligatorio para el Concesionario de Provisión ni, posteriormente, para el Operador Designado por Transmilenio, disponer de doble SIM para soportar el plan de datos requerido por Bus, entendiéndose que únicamente se exigirá una (1) SIM. Lo anterior no excluye la necesidad de realizar pruebas con doble SIM para verificar la funcionalidad de conmutación en la comunicación del HWC, en las cuales deberá garantizarse la operación con dos operadores diferentes de red móvil.
 - (D) En todo caso, corresponderá a Transmilenio la potestad de orientar al Operador Designado por Transmilenio respecto de cuándo utilizar el escenario de contingencia técnica de transmisión de datos, siempre que Transmilenio autorice el uso de la segunda SIM.
- (ii) RNFS002-SC: Los puertos para conectividad LAN que deberá ofrecer el dispositivo HWC, corresponderán a interfaz Giga Ethernet en estándar IEEE802.3, con conectores físicos tipo M12 (tipo aviación), RJ45 o similar. De manera excepcional, y sujeto a estudio previo y Notificación de no objeción de Transmilenio, se aceptará el uso de conversores de conectividad física RJ45 a M12. El dispositivo HWC deberá contar, como mínimo, con un puerto LAN que cumpla con las características previamente descritas.
- (iii) RNFS003-SC: El HWC deberá tener integrado un modem celular que permita la conectividad WAN, para poder acceder a internet de alta velocidad desde cualquier lugar con cobertura celular o en áreas con opciones limitadas.
- El módem celular deberá soportar dual SIM en tecnología 5G, LTE, 4G o 3G para su conectividad WAN. Adicionalmente, el dispositivo deberá permitir configurar una SIM preferente de acceso de comunicación WAN.
- (iv) RNFS004-SC: El HWC deberá tener soporte para múltiples SSID y segmentación de red para separar el tráfico de datos según el uso y las necesidades de seguridad. Adicionalmente, el HWC deberá soportar protocolos de acceso inalámbrico Wi-Fi correspondiente a WPA2 o WPA3 (preferiblemente, en atención a que, en la

diseminación de redes inalámbricas y la seguridad en redes abiertas, propias de los Buss, este aspecto se considera relevante) o 802.1X.

- (v) RNFS005-SC: El HWC deberá tener un sistema operativo basado en software libre tipo Linux que soporte un servidor web para propósitos de generar el portal cautivo, orientado a ofrecer un servicio acceso de internet a los pasajeros a bordo del Bus. Adicionalmente, deberá tener herramientas software avanzado en conectividad Web que articule redes VPN.
- (vi) RNFS006-SC: El HWC deberá contar con GNSS que soporte como mínimo los sistemas satelitales, tales como: GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo y QZSS.
- (vii) RNFS007-SC: El HWC deberá cumplir con la normatividad Emark (para compatibilidad electromagnética y seguridad funcional general del dispositivo dentro del Bus), la norma EN61000-6-2 para inmunidad EMC, y la normatividad CE, RoHS3, RCM, EN 301 908x, IPP30 mínimo como protección física.
- (viii) RNFS008-SC: El HWC deberá soportar los protocolos Networking, como mínimo, DHCP, NAT/PAT, SSH, VRRP, PPPoE, SNMP, SMTP, Dynamic DNS client, DNS proxy, VLAN, QoS, DMVPN, NTP Client/Server, Routing Protocols RIP, BGP, OSPF, IS-IS, NHRP, Backup Routes, Port Forwarding, Host Port Routing, Ethernet Bridging, IPv6 Dual Stack e IPv4.
- (ix) RNFS009-SC: El HWC deberá soportar, como mínimo, los siguientes protocolos seguridad de conectividad: HTTPS, SSH, SFTP, DMZ, Firewall (IP Filtering, MAC address filtering, Inbound and outbound Port filtering) VPN Tunneling – WireGuard, OpenVPN, EasyVPN, IPsec with IKEv1 and IKEv2, GRE, L2TP y PPTP.
- (x) RNFS010-SC: El HWC deberá soportar protocolos de acceso inalámbrico Wi-Fi correspondientes a WPA2 o WPA3 (preferiblemente, debido a que en la diseminación de redes inalámbricas y en la seguridad de redes abiertas, propias de los Buses, este aspecto resulta relevante) o 802.1X.
- (xi) RNFS011-SC: El HWC deberá permitir una alta adaptabilidad a los entornos de ejecución como Docker, mecanismos de scripting o programación personalizada (python, bash), permitiendo al Integrador Tecnológico desarrollar y desplegar las aplicaciones o servicios sobre el equipo, sin necesidad de hardware adicional, garantizando así escalabilidad y modularidad.

El Concesionario de Provisión deberá documentar en el PMI las interfaces de desarrollo disponibles, las aplicaciones o servicios que se ejecutaran en el HWC, e

informar a Transmilenio para que esto se articule al SDF, en términos de monitorización.

- (xii) RNFS012-SC: El HWC podrá contar con ranuras tipo SD y el Concesionario de Provisión deberá tener en cuenta que, si se requieren escenarios de Desarrollo Adicionales para satisfacer los requerimientos aquí dispuestos a lo largo del presente Anexo, tanto los funcionales como los no funcionales, deberá contemplar tarjetas SD para cada HWC de al menos 256GB que faciliten la implementación de los servicios o almacenamiento que sea requerido.
- (xiii) RNFS013-SC: El hardware del OBC, el HWV (grabador de video), el HWS (equipo de supervisión) y el HWC deberán contar con puertos de comunicación RJ45/M12 (Ethernet) o tipo FAKRA para la integración de dispositivos de comunicaciones LAN para su intercomunicación manejando velocidades de 10/100/1000 Mbps.
- (xiv) RNFS014-SC: El hardware del OBC, el HWV y el HWS deberá integrarse a una red LAN local mediante conexión Ethernet a un switch de comunicaciones con puertos 10/100/1000 Mbps. Dicho switch se conectará al router del Bus, que proporcionará conectividad WAN a través de la APN del proveedor de servicios de internet.
- (xv) RNFS015-SC: Los dispositivos OBC, HWV, HWS, HWC deberán tener puertos de comunicación por medio de los cuales se pueda acceder a través de SSH bajos esquemas seguros, de tal manera que se pueda acceder al sistema operativo y también realizar tareas de *debug* de ser necesario.
- (xvi) RNFS016-SC: El router del Bus (HWC) deberá implementar canales de comunicación segura a través de túneles y/o el manejo de certificados que permitan realizar autenticación y cifrado hacia la interfaz de comunicaciones del CDEG, tales como MQTT, HTTPS, RTSP y demás definidos por Transmilenio.
- (xvii) RNFS017-SC: El Bus deberá estar dotado de una red Wi-Fi que tenga cobertura en todos los cuerpos de este. Esto podrá realizarse a través de repetidores Wi-Fi, los cuales permitan la conexión con un mismo SSID para cualquier pasajero que se encuentre dentro del Bus.
- (xviii) RNFS018-SC: Cada Bus, a través del router, deberá detectar automáticamente la red Wi-Fi de Patio y de esta manera hacer una conmutación automática entre el modo AP (Access Point) y el modo Cliente Wi-Fi, de tal manera que se configure como un dispositivo incluido dentro de la red LAN Wi-Fi del Patio.
- (xix) RNFS019-SC: Deberá establecer el túnel cifrado en dos vías (VPN-S2S) entre el CDEG y los sistemas que componen el ITS No SIRCI, no obstante, para la

comunicación que habilite el envío de mensajes a través de MQTT, esta podrá hacer uso de TLS para proteger la data (MQTTS).

- (xx) RNFS020-SC: La cantidad de accesos a internet (Wi-Fi para pasajeros) que se requiere alcanzar en términos de este servicio deberá oscilar entre un 30% a un 40% de la capacidad nominal de pasajeros por tipología vehicular (Bus articulado o Bus biarticulado).

Con respecto a la navegación de internet para los usuarios, la configuración de los canales Wi-Fi deberá realizarse en operación simultánea sobre las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. En la banda de 2.4 GHz podrán emplearse hasta once (11) canales, los cuales no deberán ser idénticos en todos los Buses, sino configurarse en función de la cantidad vehicular. Alternativamente, el dispositivo podrá operar en la banda de 5 GHz, en la cual existen veinticinco (25) canales, de los cuales, según la región, será posible configurar ocho (8) o nueve (9) canales, dependiendo del ancho de canal, con el fin de mejorar y optimizar la experiencia del usuario en la navegación de internet.

- (xxi) RNFS021-SC: Las antenas que integren el SC y que requieran conectores tipo SMA y soporte para esquema MIMO, deberán ser compatibles con las bandas 3G/4G/5G/LTE (MiMo), Wi-Fi (MiMo), y GNSS. En caso de que las antenas usadas en el ITS No SIRCI sean internas, su instalación deberá ajustarse a los lineamientos establecidos en el Anexo 1 del Contrato de Concesión de Provisión.

Por otra parte, si el Concesionario de Provisión instala antenas externas, además de cumplir con lo establecido en el Anexo 1 previamente señalado, deberá cumplir con normas internacionales EN45545-2 y EN50155, y con entrada protegida hasta IP66. En cualquier caso, las antenas deberán seguir los lineamientos de instalación previamente descritos para garantizar una puesta a tierra adecuada.

4.9 El Sistema Bus-Estación (SBE)

El SBE deberá entenderse como una solución tecnológica que Transmilenio ya ha desplegado en las estaciones y que está articulada al Sistema Inteligente de Gestión y Monitorización de Puertas. (SIGMP), para alinear y homogenizar los proyectos actuales que tiene Transmilenio en concordancia con los nuevos Buses que ingresen al Sistema TransMilenio.

El Concesionario de Provisión será responsable, por su cuenta y riesgo, de la implementación del SBE en toda la Flota, conforme a los lineamientos establecidos en el presente Anexo. El Concesionario de Provisión deberá considerar que cada estación contará con un componente denominado *pasarela inteligente*, asociado al SIGMP. Esta pasarela tendrá como función articular, desde la estación, todos los componentes tecnológicos instalados, entre los que se incluye el SBE,

cuyo objetivo será recolectar la totalidad de los datos de todas las puertas de la estación y transmitirlos de forma segura al CDEG. A partir de estos datos, la pasarela inteligente articulará los esquemas de funcionamiento (operativos, de seguridad u otros que se consideren) para garantizar la prestación de los servicios.

A continuación, se describen los elementos tecnológicos mínimos del SBE que deberán ser equipados en los Buses:

El Concesionario de Provisión deberá asegurar para el SBE embarcado en los Buses, lo siguiente:

- (a) Un módulo Interno de Transmisión de señal hacia el módulo de parada (funciona en la frecuencia de 2.4GHz).
- (b) Dos (2) Etiquetas o Tags RFID instalado en los costados de los Buses, bajo las indicaciones de Transmilenio durante la implementación del ITS No SIRCI.
- (c) Las señales de apertura/cierre de puertas capturadas a partir de la electrónica de carrocería de los Buses, bien sea señales digitales o análogas dependiendo el grado de modernidad del Bus particular.



- | | | |
|---|---|--|
| a.) Módulo Interno de comunicación con la estación a 2.4Ghz | b.) Tags RFID 902-928 MHz (se instalan 2 en diferentes ubicaciones) | c.) Señales de apertura/cierre de puertas de la carrocería |
|---|---|--|

Figura 7. Sistema Bus Estación – Elementos en el Bus – imágenes de referencia

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

- (d) Cuando un Bus en servicio de cualquier tipología (articulado, biarticulado, padrón dual o articulado dual) se posicione correctamente frente a la parada en la estación, los componentes tecnológicos dispuestos en la misma deberán ejecutar automáticamente la lectura de los *Tags* RFID instalados en los Buses (Figura 7b), lo que permitirá al SBE identificar con precisión la parada del vagón en la que se encuentra y, a su vez, obtener

información relevante como la tipología del Bus, su número de identificación, la placa del Bus y otros datos.

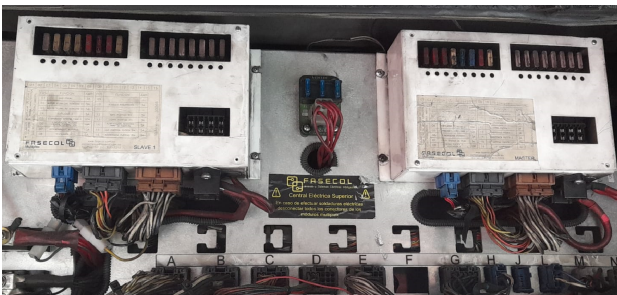
A continuación, se describen las características mínimas del SBE:

(a) Funcionamiento del SBE

Los Buses destinados a la prestación del servicio de transporte público masivo de pasajeros se encuentran conformados por un chasis y una carrocería que, en conjunto, constituyen el Bus como tal. En este sentido, el SBE se articula con los componentes eléctricos y electrónicos de la carrocería, los cuales pueden estar o no alineados a un controlador, u otro dispositivo equivalente, capaz de atender señales analógicas o digitales dispuestas por el carrocero para, entre otras funciones, habilitar los sistemas de apertura y cierre de puertas del Bus.

Así mismo, la alimentación eléctrica (voltaje) requerida por los diferentes componentes del SBE se realiza a través de los puntos de energía definidos según las necesidades tanto del Fabricante del chasis como del carrocero.

A continuación, se presentan algunos de los módulos que realizan lo descrito en el párrafo anterior:



Típico sistema eléctrico de carrocería con sistemas analógicos para comandar apertura de puertas

Sistema eléctrico de carrocería multiplexado, presente en la mayoría de flota del sistema

Figura 8. Típicos esquemas de componentes eléctricos en la Flota de Transmilenio

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

El SBE opera desde el momento en que el conductor activa la orden de apertura o cierre de las puertas al interior del Bus, es decir, desde la obturación del botón o botones destinados para este fin (Figura 7c). Estos elementos electrónicos (botones, sensores y/o actuadores) se encuentran alineados a un dispositivo particular (posiblemente un controlador) o bien dispuestos en una o varias centrales eléctricas con una cantidad significativa de cableado, o con base en señales o sistemas totalmente multiplexados.

De acuerdo con la vida útil, la marca u otras características del Bus, este podrá contar o no con controladores o centrales eléctricas. En cualquier caso, la operación se soporta en un esquema de lógica electrónica basado en entradas y salidas lógicas, desde el cual los dispositivos permiten ejecutar la apertura y el cierre de las puertas del Bus.

(b) Articulación del SBE con los sistemas del Bus

El Concesionario de Provisión deberá analizar e integrar los otros componentes electrónicos y sistemas adicionales de seguridad con los que cuentan los Buses. Este es el caso del denominado bloqueo de puertas abiertas (*Door Brake* – Ángel Guardián).

Las señales de apertura de cada una de las puertas deberán integrarse con el SBE en una única señal. Es decir, sin importar cuál de las puertas del Bus se encuentre abierta, el Bus deberá identificar y enviar una única señal al SBE.

Adicionalmente, la señal de apertura de puertas del Bus, que se integra con el SBE, no podrá estar condicionada ni interrumpida por el sistema *Door Brake* en ninguna circunstancia. En ese sentido, y en términos funcionales, el SBE deberá operar sin que su funcionamiento se vea afectado por el estado de uno o varios de los esquemas de seguridad del Bus.

En términos de instalación, el SBE opera con una Tensión de 24 voltios DC y deberá alinear una salida del controlador o de un dispositivo equivalente, que sea capaz de realizar operaciones lógicas. En caso de que el Bus no cuente con dicho controlador y solo cuente con una central eléctrica, el Concesionario de Provisión deberá explorar y analizar el sistema electrónico del Bus, identificar los puntos de los sistemas de emergencia y, desde allí, tomar la señal de apertura o cierre de puertas sin generar afectaciones ni riesgos sobre los circuitos.

Para ello, el Concesionario de Provisión deberá desplegar los cables, equipos y/o cualquier otro elemento electrónico necesario que garanticen y protejan esta funcionalidad, asegurando el correcto desempeño del SBE.

Adicionalmente, si el Bus cuenta con un sistema electrónico propio para la apertura y cierre de puertas, este podrá ser aprovechado para obtener las señales requeridas por el SBE. En caso de que

el Bus disponga de un controlador o de un equipo equivalente que cumpla su función, la señal de entrada al SBE deberá generarse a partir de la lógica de dicho módulo o dispositivo.

Cabe resaltar que, en los esquemas de instrumentación de los sistemas de apertura y cierre de puertas del Bus, existen señales diferenciadas tanto para la apertura como para el cierre. Adicionalmente, se contempla que el Bus cuente con una señal específica de apertura que corresponde a cualquiera de las puertas. En ese sentido, dicha señal será la encargada del funcionamiento del SBE, sin que esté condicionada ni interrumpida por el sistema *Door Brake*.

El Concesionario de Provisión estará obligado a considerar el funcionamiento del sistema *Door Brake*, de modo que se articule adecuadamente con el ITS No SIRCI implementado, ya sea para las puertas de servicio o incluso para el funcionamiento de la puerta de emergencia de los Buses.

Adicionalmente, los elementos a instalar deberán contar con un MTBF de al menos 40.000 horas, valor que se encuentra alineado con el tiempo de operación previsto para este sistema dentro de la Flota vehicular del componente troncal.

Finalmente, en lo referente al proceso de instalación, el Concesionario de Provisión deberá presentar la documentación técnica del SBE, como parte del PMI, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión a Transmilenio, o ante quien este designe, para su respectiva validación y aprobación. Dicha documentación técnica deberá contemplar la incorporación de las protecciones eléctricas necesarias para los dispositivos, así como el cumplimiento de todas las exigencias en términos de conexiones, seguridad, distribución de cables y demás elementos electrónicos o eléctricos, de conformidad con la normatividad eléctrica y de instalaciones eléctricas colombiana vigente, y con los lineamientos que emita Transmilenio.

Asimismo, el SBE deberá ser sometido a procesos de validación en Patio, de manera que, mediante los sistemas de simulación de estación, sea posible capturar la información transmitida inalámbricamente desde los Buses hacia las estaciones.

En cuanto a los TAGS-RFID del Bus, el Concesionario de Provisión deberá adquirirlos y configurarlos desde cero, con el fin de articularlos adecuadamente con el SBE. Los dos (2) TAGS instalados por Bus deberán contener la misma información, la cual será recibida por los sistemas instalados en las estaciones.

El SBE no podrá estar operativo en Buses que no estén vinculados al Sistema TransMilenio. No obstante, en escenarios de Prototipo en Bus y Prototipo en Bus en Sitio, deberá ser posible probar su funcionamiento.

(c) Principio de funcionamiento

El modelo deberá operar bajo las siguientes instrucciones:

- (i) El módulo interno de transmisión de señal deberá estar previamente configurado con la información correspondiente al ID de los TAGs RFID, así como con la tipología del Bus, ya sea articulado, biarticulado o dual.
- (ii) Una vez el conductor realiza el acercamiento a la estación y se ubica en el punto de ingreso y salida de pasajeros, acciona el botón de apertura de puertas del Bus. Inmediatamente, la señal de puertas abiertas es recibida por el módulo de parada, junto con la información del ID de los TAGs RFID, la tipología del Bus, el número de identificación del Bus y el Operador Designado por Transmilenio.

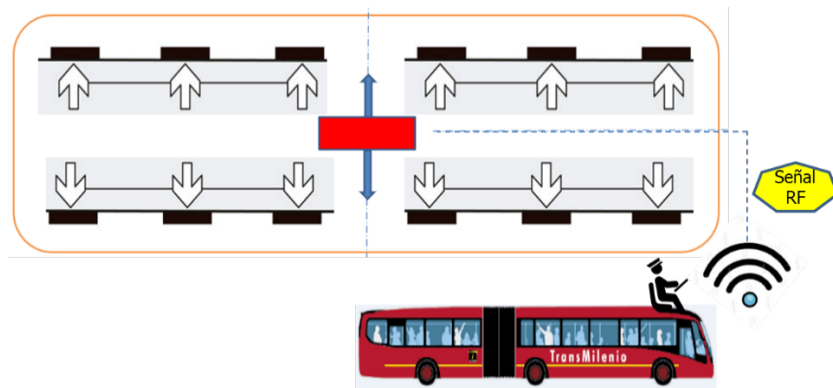


Figura 9. Esquema ejemplo del sistema en la estación desde el Bus

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

- (iii) Posteriormente, el master logger, ubicado en las estaciones, activa las antenas/lectores RFID del vagón. Cada una de estas antenas/lectores busca, dentro de su rango de alcance, la existencia de los TAGs RFID que pertenezcan al dominio de Transmilenio y que coincidan con el ID transmitido por el módulo interno de señal.

Actualmente, el lector permanece encendido como mecanismo de contingencia en caso de falla del esquema de comunicación basado en ZIGBEE.

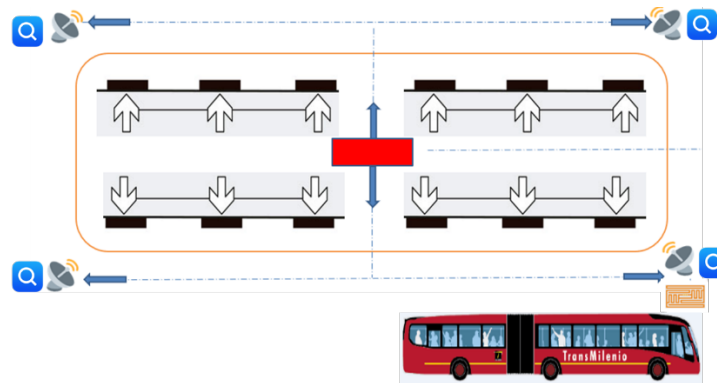


Figura 10. Esquema ejemplo del sistema en la estación desde el Bus – Búsqueda del TAG
Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

- (iv) Una vez la antena detecta los TAGs RFID, el sistema identifica la estación correspondiente y ejecuta la apertura de las puertas de acceso. Con la información contenida en los TAGs también se determina la tipología del Bus, lo que permite habilitar el número de puertas requeridas.

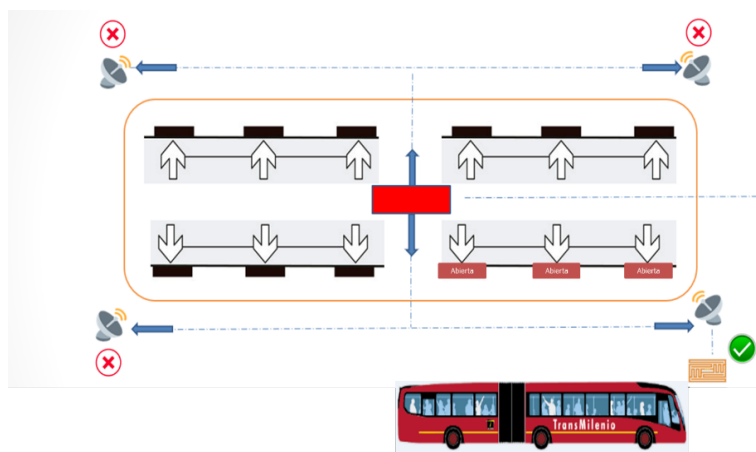


Figura 11. Esquema ejemplo del sistema en la estación desde el Bus – Búsqueda del TAG exitosa
Fuente: Elaboración propia de Transmilenio.

- (v) Una vez el Bus se retira de la estación, el sistema desplegado en la estación para la apertura o cierre de puertas procede a cerrar la puerta.
- (vi) Este sistema es una solución heredada que el Concesionario de Provisión deberá instalar en cada Bus. El objetivo de dicho sistema es permitir la sincronización entre la apertura y cierre de puertas del Bus y las de la estación, cuando el Bus se encuentre

alineado en el punto de parada, para garantizar el ingreso y salida segura de pasajeros.

- (vii) El SBE deberá estar en capacidad de recibir las señales de apertura de puertas generadas por los controladores de carrocería, las cuales se deberán activar como consecuencia de la pulsación del botón de apertura por parte del conductor. Una vez las puertas del Bus se encuentran abiertas, el SBE enviará una señal inalámbrica a un receptor de radio instalado en la estación, el cual generará el comando de apertura de puertas de la estación de forma sincronizada.

Del mismo modo, cuando el conductor ordena el cierre de puertas del Bus, las puertas de la estación deberán cerrarse, utilizando para ello el sistema inalámbrico anteriormente descrito.

A continuación, se describen los requisitos funcionales y no funcionales mínimos que deberá estructurar el Concesionario de Provisión para el SBE del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(d) Requisitos no funcionales del SBE

- (i) RNFS001-SBE: El SBE deberá gestionar la información de las puertas del Bus (estado abiertas o cerradas) mediante señales GPIO.
- (ii) RNFS002-SBE: El Bus deberá contar con un transponder y una interfaz de diagnóstico (indicadores visuales) para el conductor, y mínimo dos (2) Tags RFID.
- (iii) RNFS003-SBE: El SBE deberá contar con salidas y entradas del tipo GPIO para integrar la señal de puerta abierta o puerta cerrada o del conjunto de puertas que existe en el Bus, incluida la puerta de emergencia.
- (iv) RNFS004-SBE: El SBE deberá almacenar información sobre la tipología, placa e identificador (ID) del Bus mediante un transponder.
- (v) RNFS005-SBE: Cuando se obture el botón de abrir puertas en el Bus, el transponder deberá enviar una señal con el estado de las puertas.
- (vi) RNFS006-SBE: El protocolo de comunicaciones deberá estar basado en el estándar IEEE 802.15.4, operando en las bandas de 2.4 GHz.
- (vii) RNFS007-SBE: El Bus deberá disponer de las etiquetas Tags RFID en los lugares que Transmilenio disponga y con mínimo dos (2) tags.
- (viii) RNFS008-SBE: Los Tags RFID deberán permitir la identificación del Bus y confirmar su posición en una de las paradas de la estación.

- (ix) RNFS009-SBE: El transponder deberá detectar el estado de señal de puertas en el Bus y enviar las solicitudes de forma inalámbrica de apertura y cierre de puertas de parada, y así lograr la sincronización entre el Bus y la estación.
- (x) RNFS010-SBE: La interfaz de diagnóstico (indicadores visuales) deberá tener 3 indicadores, rojo, verde y amarillo.
- (xi) RNFS011-SBE: El indicador rojo de la interfaz de diagnóstico deberá indicar que el transponder este encendido.
- (xii) RNFS012-SBE: El indicador verde de la interfaz de diagnóstico deberá indicar que la puerta o puertas del Bus están abiertas.
- (xiii) RNFS013-SBE: El indicador amarillo de la interfaz de diagnóstico cuando esté intermitente deberá indicar que el transponder del Bus está buscando conexión con el transponder de la estación.
- (xiv) RNFS014-SBE: El indicador amarillo de la interfaz de diagnóstico cuando este fijo deberá indicar que se ha establecido la conexión entre los transponder.
- (xv) RNFS015-SBE: El ITS No SIRCI deberá contar con escenarios de comunicación LAN en su interior y, para ello, el número de equipos y cableado de la solución dependerá de su escenario arquitectural al interior del Bus.
- (xvi) RNFS016-SBE: El transponder articulará la información proveniente de la carrocería, relativa al estado de las puertas del Bus (abiertas o cerradas). Para tal fin, contará con salidas y entradas del tipo GPIO que permitan integrar la señal de puerta abierta o puerta cerrada o del conjunto de puertas que existen en el Bus, incluida la puerta de emergencia.

El transponder estará basado en un microcontrolador tipo XBEE, en el cual se almacenará la tipología del Bus, su placa y un identificador único. Una vez el conductor active el botón de apertura de puertas en el Bus, el microcontrolador XBEE recibirá dicha señal y procederá a transmitirla vía ZIGBEE, permitiendo que el dispositivo correspondiente en la estación reciba la orden y ejecute la apertura de la puerta de la estación. Esta solución deberá implementarse exclusivamente en el componente del Bus.

- (xvii) RNFS017-SBE: Los TAGS del sistema deberán cumplir con las siguientes características:
 - (A) Tipo de Alimentación: Pasiva
 - (B) Rango de Frecuencia UHF: 860 a 960 MHz

- (C) Temperatura de Operación: -40 a 85° C
- (D) Código electrónico del producto (EPC): Mínimo 96 bits
- (E) Montaje Sobre Metal: Sí
- (F) Resistencia a la humedad y vandalismo: Mínimo IP68 IK7
- (G) Estándares: EPC C1 G2, ISO 18000-6C
- (H) Memoria de usuario: Mínimo 512 bits
- (I) Distancia de lectura: Radio mínimo 0.1m a 4m sobre cualquier superficie

(xviii) RNFS018-SBE: El transponder deberá cumplir con las siguientes características:

- (A) Rango de Alimentación: 10 a 30 Vcc
- (B) Corriente de consumo: 50 mA
- (C) Rango de Temperatura: 0 a 80 ° C
- (D) Dimensiones máximas: 100 x 100 x 100 mm
- (E) Puerto de comunicación: RS 232
- (F) Frecuencia de comunicación: 2.4 GHZ
- (G) Garantía de la comunicación: AC
- (H) La frecuencia de operación de la antena deberá configurarse entre los 915MHz a 928MHz

(xix) RNFS019-SBE: El Concesionario de Provisión deberá adquirir, implementar, configurar y poner a punto el SBE, garantizando su correcta operación para la puesta en servicio desde la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota por cada Lote de Flota y durante la ejecución de la Etapa de Operación y Mantenimiento. Para la Etapa Preoperativa, el Concesionario de Provisión deberá disponer los elementos necesarios para realizar la prueba en Patio del SBE, a través del Prototipo en Bus en Sitio, así como llevar a cabo la entrega y verificación del inventario y funcionalidades en la Flota en los términos previstos en el presente Anexo. El propósito de estas pruebas será asegurar que el SBE habilite de manera adecuada la apertura de las puertas en las estaciones del componente troncal.

(xx) RNFS020-SBE: El Concesionario de Provisión deberá, por su cuenta y riesgo, programar los dispositivos que conforman el SBE y entregar el procedimiento completo de operación y Mantenimiento, dentro del cual se incluya la programación

de los TAGs RFID. Dicho procedimiento deberá quedar debidamente documentado en el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.

El SBE constituye un sistema previamente implantado e implementado en Transmilenio. En consecuencia, el Concesionario de Provisión deberá disponer de los elementos de testeo - semáforo de validación operacional, y TAGs con EPC válido para la apertura de puertas en las estaciones), que permitan evidenciar el correcto funcionamiento del SBE antes de la salida de los Buses de los Patios.

Una vez finalizada la Etapa Preoperativa, todos los costos derivados de este sistema los deberá asumir el Operador Designado por Transmilenio.

4.10 El Sistema Biométrico (SIBI)

El SIBI hace parte del ITS No SIRCI definido por Transmilenio. Su propósito será garantizar la identificación segura, trazable y auditable de los usuarios conductores vinculados a la operación, mediante tecnologías biométricas y dispositivos electrónicos embarcados.

El SIBI estará estructurado en dos componentes funcionales complementarios:

- (a) UR-BI: dispositivo embarcado que permite la validación e identificación del conductor mediante huella dactilar y/o tarjeta de proximidad, integrado con el OBC, y que opera de forma autónoma, incluso sin conectividad.
- (b) Componente funcional en Patio: localizado en el SITSP del Patio responsable de gestionar el proceso de registro en persona, sincronizar plantillas biométricas y tarjetas, descargar *logs* de autenticación y configurar los dispositivos a bordo, así como disponer de los servicios de Interoperabilidad por medio de APIs. Este podrá tomar ventaja del SITSP para ser implementado.

El SIBI permitirá registrar, autenticar, controlar y auditar el comportamiento de los usuarios conductores durante la operación comercial, con base en mecanismos de verificación biométrica y lógica parametrizable. Facilita, además, la supervisión en línea desde el CDEG, permitiendo la generación de reportes operativos, técnicos y estadísticos sobre el uso y funcionamiento del sistema.

El Concesionario de Provisión será el responsable de suministrar, instalar y poner en funcionamiento todos los equipos, componentes y elementos necesarios tanto en el Bus como en el Patio para habilitar el proceso de registro, enrolamiento e identificación biométrica de los conductores en el SIBI. Esto incluye el hardware y software necesarios para llevar a cabo el enrolamiento inicial en los Patios y el posterior inicio de sesión por parte de los conductores en los Buses mediante autenticación biométrica.

Adicionalmente, el Concesionario de Provisión deberá entregar al Operador Designado por Transmilenio, al momento de entrada en operación del sistema, un mínimo de cien (100) tarjetas tipo RFID.

A partir de la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota del Lote de Flota No.1, el Operador Designado por Transmilenio asumirá la administración del sistema SIBI, incluyendo la adquisición de nuevas tarjetas RFI, en caso de ser requeridas.

A continuación, se describen los requisitos mínimos funcionales y no funcionales que deberá cumplir el Concesionario de Provisión frente al SIBI del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(a) Requisitos funcionales SIBI

- (i) RF001-SIBI: El SIBI deberá estar conformado por dos (2) componentes funcionales:
 - (A) El componente funcional a bordo del Bus: El componente funcional a bordo o la UR-BI deberán contener un dispositivo hardware y software, que se encontrará instalado en el habitáculo del conductor.
 - (B) El componente funcional en Patio: El componente funcional de Patio deberá contener un conjunto de dispositivos TIC y aplicaciones de software, instalado en el SITSP que permitan realizar la gestión centralizada del sistema, sincronizar con los dispositivos a bordo e interoperar por medio de servicios expuestos por APIs.
- (ii) RF002-SIBI: La UR-BI deberá asegurar la correcta identificación de los conductores en la Flota de Buses mediante el reconocimiento de la huella dactilar o tarjeta de proximidad, así como realizar la gestión de los procesos de sincronismo, gestión de procesos de descarga de datos, la gestión de conectividad entre el componente en Patio y el ITS No SIRCI a bordo de la flota, la gestión de servicios para administración de dispositivos biométricos a bordo y la gestión de servicios para la administración de usuarios conductores.
- (iii) RF003-SIBI: El componente funcional en Patio deberá contar con una infraestructura de aplicaciones que permita prestar de manera automatizada los servicios esenciales para la gestión de la base de datos biométrica y su interacción con los dispositivos biométricos a bordo del Bus, permitiendo los procesos de registro, modificación y baja de usuarios, huellas y tarjetas de proximidad. Para efectos de lo anterior, el Concesionario de Provisión deberá garantizar lo siguiente:
 - (A) Que el componente funcional en Patio ofrezca servicios de sincronismo automático diario con los dispositivos biométricos a bordo del Bus, utilizando la red Wi-Fi de Patio, para actualizar plantillas biométricas e

identificadores de tarjeta, garantizando que todos los datos locales estén alineados con los registros autorizados.

- (B) Que el componente funcional en Patio incluya un servicio de descarga automática de los *logs* de Eventos almacenados localmente en los dispositivos biométricos, al finalizar cada jornada operativa de los Buses, los cuales deberán almacenar por lo menos durante cuarenta y cinco (45) Días, tiempo durante el cual Transmilenio podrá solicitar esta información o acceder a ella de manera remota mediante un API expuesta por el sistema ITS de Patio.
 - (C) Que se provea sincronismo horario mediante NTP cada vez que se encienda el Bus y durante la sincronización regular en Patio.
 - (D) Que el componente funcional en Patio permita la configuración remota de modos de autenticación (solo huella, solo tarjeta, combinación o doble factor), umbrales de sensibilidad y Actualización de firmware de los dispositivos, así como la recepción de su estado de salud, almacenamiento y alertas.
- (iv) RF004-SIBI: Todos los usuarios conductores destinados a la operación de la Flota y pertenecientes al Operador Designado por Transmilenio, deberán realizar un procedimiento de registro en persona de Datos Biométricos en Patio, para que sean activados en el componente funcional en Patio y en el SIBI.

El procedimiento de registro deberá consistir en el registro de datos personales y en el registro biométrico dactilar de al menos dos (2) dedos de cualquiera de las dos (2) manos, para definir en la Base de Datos su plantilla de reconocimiento dactilar.

En casos debidamente comprobados en los que el conductor presente limitaciones físicas o de salud que impidan la captura de huellas en ambas manos, el Operador Designado por Transmilenio podrá asignar una tarjeta de proximidad como método de autenticación. Esta asignación deberá ser justificada y documentada como un caso excepcional. La administración, evaluación y ejecución de todo el proceso de registro en persona, incluida la validación de excepciones, es responsabilidad exclusiva del Operador Designado Por Transmilenio.

El Operador Designado por Transmilenio estará a cargo de efectuar el registro descrito anteriormente. Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá brindar el acompañamiento que el Operador Designado por Transmilenio requiera durante la fase de Estabilización del ITS No SIRCI, dentro de la Etapa de Operación y Mantenimiento.

- (v) RF005-SIBI: El componente funcional en Patio deberá proporcionar funcionalidades para generar informes, reportes y análisis sobre la información general y de operación de los usuarios conductores. Entre los reportes requeridos se incluyen: horas de operación por usuario y Bus, incidentes de acceso denegado con su causa y método, historial detallado de autenticaciones, prevalencia de uso y fallos por tipo de autenticación, y registros de los procedimientos de alta, baja, activación, desactivación o reasignación, incluyendo las causas asociadas como sanciones del conductor, retiro o problemas con tarjetas.
- (vi) RF006-SIBI: El componente funcional en Patio deberá generar informes y análisis sobre la gestión de tarjetas de proximidad asignadas a los usuarios conductores. Los reportes deberán incluir estado actual (activas, inactivas, reasignadas, dadas de baja), número serial, usuario(s) conductor(es) asociado(s), historial de incidentes por autenticación fallida, y trazabilidad de las tarjetas usadas en los diferentes métodos de validación, incluyendo causas de cambios o desactivaciones.
- (vii) RF007-SIBI: El componente funcional en Patio deberá ofrecer reportes, historial y estadísticas sobre las actividades técnicas de los dispositivos biométricos a bordo de los Buses. Estos deberán cubrir procedimientos de sincronización y descarga de Eventos, configuración y actualizaciones de firmware, y estado de diagnóstico como capacidad de almacenamiento, alertas de reinicio, errores y fallos internos, todo ello en ventanas de tiempo configurables.
- (viii) RF008-SIBI: La UR-BI deberá operar de forma autónoma dentro del Bus, permitiendo la validación e identificación de los conductores registrados mediante su interfaz de huella dactilar o lector de tarjeta de proximidad. Esta funcionalidad deberá integrarse con el OBC y proporcionar retroalimentación al conductor sobre el resultado del proceso (éxito o fallo), ya sea mediante mensajes y alertas visibles en el propio dispositivo o a través del HMI del Bus. Para tal fin el Concesionario de Provisión deberá asegurar que:
 - (A) El dispositivo cuente con indicadores LED multicolor y un emisor audible multitono que diferencien claramente el tipo de autenticación utilizado y su resultado
 - (B) El componente permita la configuración remota, vía Wi-Fi de Patio, para definir el modo de autenticación (solo huella, solo tarjeta, huella o tarjeta, o doble factor), ajustar los umbrales de sensibilidad de ambas interfaces y recibir actualizaciones de firmware.
 - (C) El dispositivo envíe automáticamente al componente en Patio la información sobre su configuración actual, estado de salud, capacidad de

almacenamiento, alertas de reinicio, errores internos y Eventos operativos, los cuales deben poder ser exportados en reportes estructurados.

- (ix) RF009-SIBI: Los escenarios operacionales del SIBI deberán realizar la validación e identificación de los usuarios conductores que corresponden a:
 - (A) Inicio de operación: El usuario conductor realizará su proceso de validación e identificación, de inicio de jornada operacional, que se desarrolla típicamente en el Patio estación o portal designado para el inicio de la ruta.
 - (B) Finalización de operación: El usuario conductor realizará su proceso de validación e identificación, de finalización de jornada operacional, que se realiza típicamente en una estación o lugar designados para la finalización de operación.
 - (C) Validación e identificación del usuario conductor por requerimiento: El usuario conductor deberá realizar su proceso de validación e identificación a petición de la interfaz HMI del ITS No SIRCI.
- (x) RF010-SIBI: Se deberá implementar un procedimiento local en el OBC del ITS No SIRCI, que genere de manera aleatoria la solicitud de validación e identificación biométrica del conductor, mediante el dispositivo biométrico a bordo del Bus, durante la operación del Bus. Esta solicitud deberá activarse únicamente cuando se cumplan condiciones de seguridad vial, es decir, con el Bus completamente detenido en una parada estación, y previa verificación automática del estado de apertura de puertas y velocidad cero del Bus.

El algoritmo de aleatoriedad deberá garantizar que estas solicitudes no se generen con una frecuencia mayor a tres (3) Eventos por ruta activa, permitiendo su ejecución en puntos distintos del recorrido y evitando patrones predecibles. La parametrización de este límite de frecuencia deberá ser configurable desde el componente en Patio y podrá conocerse posteriormente mediante un reporte que identifique el Bus, el momento de solicitud, la ruta y la estación en la que se solicitó el registro. Se deberá contar con el registro de rechazo de validación o validación exitosa con el usuario identificado.
- (xi) RF011-SIBI: La UR-BI deberá ser completamente funcional en modo *offline* y almacenar localmente todos los registros *logs* Eventos de autenticación (éxitos y fallos) generados durante la operación *offline* hasta la siguiente sincronización y/o conexión de descarga con el componente funcional de Patio. Cada registro log Eventos deberá incluir los siguientes campos:

- (A) Marca de Tiempo en Fecha y Hora (*Timestamp.*)

- (B) ID del Bus, que corresponde al ID del automotor asignado por el Operador Designado por Transmilenio.
 - (C) ID del Conductor (si es reconocido) o Null en caso de no lograr identificación.
 - (D) Tipo de Evento, definido en:
 - (1) Acceso Concedido, que corresponde a una validación e identificación del usuario conductor exitosa
 - (2) No Reconocido, que corresponde a Huella o Tarjeta de Proximidad NO reconocida, por tanto, una validación e identificación no exitosa.
 - (3) Acceso Denegado, que corresponde a Huella o Tarjeta de Proximidad reconocida, por tanto, una identificación exitosa pero una validación NO exitosa, debido a que el usuario conductor se encuentra inactivo o NO autorizado.
 - (4) ID del huellero, que corresponde a un identificador único, no modificable y propio de cada dispositivo huellero.
- (xii) RF012-SIBI: El SIBI, deberá ser capaz de gestionar de forma conjunta con el SC, las interrupciones en la conectividad Wi-Fi de Patio. Ante una pérdida de conexión, el sistema deberá reintentar automáticamente cualquier proceso en curso incluidos sincronización, descarga, configuración o envío/recepción de datos, reanudando la transferencia desde el último punto exitoso. Esta capacidad de reintento deberá asegurar la integridad y continuidad de los datos, minimizando riesgos de inconsistencia o pérdida de información durante los procesos críticos de gestión biométrica.
- (b) Requisitos no funcionales del SIBI
- (i) RNF001-SIBI: El componente funcional a bordo, deberá estar conformado en forma integrada por un lector de reconocimiento biométrico de huella y un lector de tarjeta validadora de proximidad, donde la prioridad en su autenticación para la validación e identificación del usuario conductor deberá corresponder a la biometría por reconocimiento de huella.
- Además, el dispositivo biométrico a bordo deberá ser ergonómico para facilitar la lectura tanto de la huella como de la tarjeta en el entorno de la cabina del Bus.
- (ii) RNF002-SIBI: El Componente Funcional a bordo, deberá tener las siguientes características técnicas mínimas definidas en:

- (A) Procesador de velocidad mínima de 1GHZ tipo QuadCore o superior,
 - (B) Memoria Flash mínima 2GB, Memora RAM mínima de 256B.
 - (C) Grado de protección mínima IP54 bajo la normativa IEC 60529.
 - (D) Grado de protección mínima a prueba de vandalismo IK08 bajo la normativa IEC 62262.
 - (E) Interfaces de comunicación RS232, RS485 o Fast Ethernet IEEE802.3 en protocolo TCP/IP.
 - (F) Resolución mínima 500dpi.
 - (G) Plantillas en formato ANSI 378 o ANSI378 + patentado según sea el caso.
 - (H) Cumplimiento de la normativa ISO 19794-2.
 - (I) $FAR \leq 0.001 \%$ y $FRR \leq 0.01 \%$.
 - (J) Sensor para detección de dedo *vivo* (*LFD- Live Finger Detection*) con resistencia al agua y polvo.
 - (K) Emisor audible de multitono.
 - (L) Tiempo de comparación máximo de $1:1 \leq 1 \text{ s}$; $1:3000 \leq 1.5\text{s}$
 - (M) Nivel de seguridad mínimo Nivel 4 para $FAR \leq 0.001 \%$ y $FRR \leq 0.01 \%$ de acuerdo con la norma ISO/IEC 19790.
 - (N) Protección contra Manipulación (*Tamper-Proof*).
- (iii) RNF003-SIBI: El componente funcional a bordo deberá ser compatible con las tecnologías de tarjetas lectoras: HID multiclass EM/HID Prox/MIFARE/iCLASS/DESFire/FeliCa/NFC para frecuencias de al menos HF (13.56 MHz). El número de usuarios mínimo deberá ser 5000; cumplimiento de la normativa ISO 19794-2, distancia lectura en inducción entre 30 mm a 100mm. El *mapping* de esta tarjeta deberá ser suministrado por el concesionario de provisión, así como el manejo que se le da al EPC para las mismas.
- (iv) RNF004-SIBI: Los costos y disposición asociado a las Tarjetas de Proximidad a utilizar, activar y asignar a los usuarios conductores será de completa responsabilidad del Operador Designado por Transmilenio. Excepto por las 100 tarjetas iniciales que deberá entregar el Concesionario de Provisión al Operador Designado por Transmilenio para la gestión de la operación de registro en casos excepcionales. El Sistema de Alimentación y Recarga Eléctrica

4.11 El Sistema de Alimentación y Respaldo Eléctrico

El SARE hace parte del ITS No SIRCI definido por Transmilenio. El SARE es el encargado de suministrar y gestionar la energía necesaria, en condiciones de estabilidad, para la totalidad de los sistemas y componentes que hacen parte del ITS No SIRCI descritos en el presente Anexo, con el fin de garantizar su operación adecuada y continua.

El SARE, al estar incorporado a bordo en un Bus de tecnología eléctrica, deberá contener un banco de baterías independiente para proporcionar el respaldo y autonomía energética al ITS No SIRCI cuando así se requiera. Además, deberá gestionar la carga de estas baterías con los circuitos que proceda de forma pertinente para mantenerlas siempre en su máxima capacidad, garantizando así su funcionalidad de respaldo energético.

En el escenario que el ITS No SIRCI pierda la energización proveniente del suministro principal del Bus, o se detecte que el Bus se encuentra apagado, el SARE, mediante un componente funcional de conmutación o de transferencia realizará la conexión y operación de suministro de respaldo eléctrico al ITS No SIRCI. Además, tanto el sistema SARE como sus componentes funcionales serán monitorizados por el SDF.

Para la conmutación o no conmutación, o para el proceso de recarga o no recarga de las baterías de respaldo, el Concesionario de Provisión podrá utilizar otros tipos de señales complementarias de entrada al SARE, según su concepción del diseño y/o implementación.

A continuación, se describen los requisitos mínimos funcionales y no funcionales que deberá cumplir el Concesionario de Provisión frente al SARE del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(a) Requisitos funcionales del SARE

- (i) RF001-SARE: El SARE deberá garantizar la continuidad de la prestación del servicio eléctrico para el ITS No SIRCI y sus funcionalidades al momento de ausencia del sistema principal de energía o suministro eléctrico del chasis del automotor, o algún otro suceso que deje sin alimentación eléctrica el ITS No SIRCI.
- (ii) RF002-SARE: El SARE para el ITS No SIRCI deberá estar constituido por cuatro (4) Componentes Funcionales, a saber:
 - (A) Banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI
 - (B) Cargador de baterías DC-DC
 - (C) Conmutación de potencia
 - (D) Alimentación regulada

Las características, especificaciones y protecciones eléctricas del SARE, así como los componentes funcionales que contiene, deberán ser el resultado del cálculo, estudio y análisis de la carga eléctrica del ITS No SIRCI, y otras consideraciones, que deberá realizar el Concesionario de Provisión, lo cual será validado y verificado por Transmilenio.

Los componentes que conforman el SARE deberán corresponder a dispositivos hardware-software, con capacidades microprocesadas y/o microcontroladas, en el ámbito de la electrónica de potencia. De igual forma, tanto el SARE como cada uno de sus componentes, deberán contar con un hardware eléctrico y/o electrónico específico, concebido desde Fábrica, que garantice un aislamiento eléctrico integral y robusto tanto para la alimentación y señales de entrada como la salida en suministro hacia la carga eléctrica. Esto con el objetivo de brindar la seguridad eléctrica que se requiere.

En la Figura 12 se detalla la arquitectura esquemática funcionales del SARE y sus Componentes Funcionales.

- (iii) RF003-SARE: El banco de baterías de respaldo del ITS No SIRCI deberá proporcionar la autonomía energética al ITS No SIRCI, de modo que este deberá mantenerse en su plena carga nominal. El Concesionario de Provisión deberá asegurar lo siguiente:
 - (A) El banco de baterías ITS No SIRCI deberá brindar el respaldo energético al ITS No SIRCI cuando se presente la pérdida o no suministro eléctrico Principal o de chasis del automotor, o cuando se detecte que el automotor se encuentre apagado. En el escenario descrito, el banco de baterías deberá conectarse al ITS No SIRCI, a través del componente funcional de alimentación regulada, como se observa en la Figura 12.
 - (B) El respaldo energético o no respaldo energético al ITS No SIRCI por parte de las baterías de respaldo ITS No SIRCI. En relación con lo anterior, el Concesionario de Provisión podrá utilizar otros tipos de señales complementarias de entrada al SARE, según su concepción del diseño y/o implementación.
- (iv) RF004-SARE: El banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI deberá ser de uso exclusivo para los elementos y dispositivos que hacen parte del ITS No SIRCI durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.

El banco de baterías ITS No SIRCI no podrá ser utilizado para la alimentación de otros dispositivos, como, por ejemplo, las plataformas de acceso para personas con movilidad limitada, iluminación u otro tipo de accesorios o sistemas del Bus.

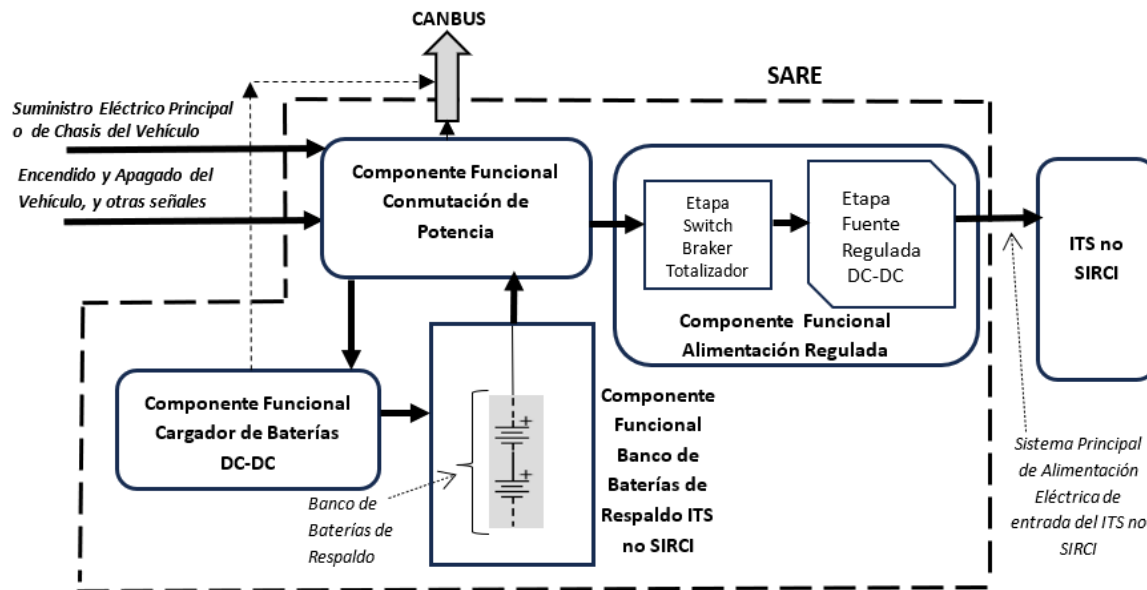


Figura 12. Esquema del SARE (imagen referencia)

Fuente: Elaboración propia de Transmilenio

- (v) RF005-SARE: La capacidad amperaje hora mínimo de las baterías de respaldo ITS No SIRCI deberá corresponder al resultado de un cálculo técnico que incluya estudio, diseño y análisis de la carga eléctrica a respaldar, representada en la carga eléctrica total del ITS No SIRCI a alimentar, en condiciones máximas de petición energética.
 - (A) Este cálculo técnico deberá ser realizado por cuenta y riesgo del Concesionario de Provisión, y sus resultados completos deben ser entregados a Transmilenio mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión para su respectiva revisión, verificación y validación.
 - (B) El valor mínimo final de la capacidad amperaje hora de las baterías de respaldo ITS No SIRCI corresponderá al valor obtenido del cálculo técnico descrito más el diez por ciento (10%). Transmilenio validará y verificará el cálculo técnico referido, y será autónomo en su análisis, motivo por el cual, se reserva el derecho de ajustar en cualquier momento este valor, según la necesidad y petición energética en consumo del ITS No SIRCI.
- (vi) RF006-SARE: El banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI deberá suministrar la alimentación eléctrica para la autonomía energética únicamente a todos los

elementos y dispositivos que conforman el ITS No SIRCI, sin excepción, durante un tiempo mínimo de cuatro (4) horas de operación continua.

- (A) La prueba de verificación del requerimiento que hará Transmilenio previo a la vinculación del Bus se hará bajo la condición de cinco (5) horas de autonomía con el fin de disminuir los riesgos de degradación de capacidad de las baterías.
 - (B) Transmilenio llevará a cabo pruebas, por lo menos una (1) vez al año, tomando como parámetro un tiempo mínimo de cuatro (4) horas de autonomía. Sin perjuicio de lo anterior, Transmilenio se reserva expresamente la facultad de realizar dichas pruebas en cualquier momento durante la ejecución de la Etapa de Operación y Mantenimiento.
- (vii) RF007-SARE: El componente funcional banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI deberá estar conformado por un conjunto de baterías debidamente conectadas eléctricamente en su polarización y ancladas mecánicamente con posibilidad de ajuste, instaladas en el portaequipaje o bodega que las almacena para tal fin. El portaequipajes o bodega en mención deberá garantizar una ventilación natural para las baterías que almacena.
- (viii) RF008-SARE: El cargador de baterías DC-DC deberá tener como propósito la carga del banco baterías de respaldo ITS No SIRCI, en un esquema de mapa de carga. Para tal fin el Concesionario de Provisión deberá garantizar lo siguiente:
- (A) El esquema de mapa de carga deberá establecer condiciones adecuadas de voltaje y corriente en el proceso de carga del banco de baterías referido. Las condiciones en voltaje y corriente para este proceso deberán corresponder a las definidas por el Fabricante de las baterías en sus Especificaciones Técnicas. Lo anterior deberá garantizar la carga pertinente de las baterías de respaldo ITS No SIRCI, preservando así su vida útil futura.
 - (B) El cargador de baterías DC-DC deberá activar e iniciar la recarga energética (en mapa de carga) al banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI en la presencia del suministro eléctrico principal o de Chasis del Automotor.
 - (C) El cargador de baterías DC-DC deberá desactivar la recarga energética (en mapa de carga) al banco baterías de respaldo ITS No SIRCI en la no presencia de suministro eléctrico principal o de chasis del Automotor, o cuando se detecte que el Bus esté apagado.

Para el proceso de activación o no activación de recarga energética en el mapa de carga al banco de baterías de respaldo por parte del cargador de

baterías DC-DC se dejará la opción al Concesionario de Provisión de utilizar otros tipos de señales complementarias de entrada al SARE, según concepción del diseño y/o implementación.

- (ix) RF009-SARE: El componente funcional conmutación de potencia deberá realizar la interconexión automática entre los demás componentes funcionales que conforman el SARE y el suministro eléctrico principal o de chasis del automotor, de modo que se garantice lo siguiente:
 - (A) Las baterías de respaldo del ITS en conexión al ITS No SIRCI, para el proceso de autonomía energética.
 - (B) Esta conexión se deberá realizar en la no presencia de suministro eléctrico principal o de chasis del Automotor, o cuando se detecte que el Bus esta apagado.
 - (C) La conexión se realiza través del componente funcional alimentación regulada, como se observa la Figura anterior
 - (D) Suministro eléctrico principal o de chasis del automotor en conexión simultanea tanto con el ITS No SIRCI como con el banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI para su recarga. Ambas conexiones simultaneas descritas se deben realizar en la presencia del suministro eléctrico principal o de chasis del Automotor.
 - (E) Para la conexión de recarga de las baterías de respaldo ITS No SIRCI se deberá realizar a través del cargador DC-DC como se observa la Figura anterior.
 - (F) Para el proceso de conmutación e interconexión por parte del componente funcional conmutación de potencia se deja la opción de utilizar otros tipos de señales complementarias de entrada al SARE, según concepción del diseño y/o implementación.
- (x) RF010-SARE: El SARE deberá entregar en comunicación con la red automotriz CANBUS del automotor variables eléctricas y de estatus energético del sistema. Para la integración de las variables eléctricas y de estatus energético del SARE a la red CANBUS del automotor, el Concesionario de Provisión podrá optar por una de las siguientes alternativas de conectividad eléctrica: (i) la conexión directa de dichas variables al módulo del sistema de cableado multiplexado de carrocería propio del Bus o, (ii) la conexión a los módulos GPIO del subsistema OBC, perteneciente al ITS No SIRCI. El listado de variables que deberá entregar el SARE, deberá

mantener coherencia con lo dispuesto en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

- (xi) RF011-SARE: El estado de activación o no activación del procedimiento de respaldo energético al ITS No SIRCI por parte del SARE deberá contar un indicador local, tipo LED o mensaje HMI, que permita verificar en forma visual la activación o no activación del procedimiento de respaldo energético.
- (xii) RF012-SARE: El componente funcional de alimentación regulada deberá tener como propósito el disponer de una protección eléctrica, de tipo manual y automático, en conexión y no conexión de la alimentación eléctrica total de entrada, así como de garantizar en su salida un suministro eléctrico estable y seguro, de tipo regulado, a los dispositivos que hacen parte del ITS No SIRCI.

El componente funcional de alimentación regulada deberá estar conformado por dos (2) etapas definidas así: (i) etapa de *Switch Braker* totalizador y (ii) etapa fuente regulada DC-DC, como se detalla en la Figura 12.

- (xiii) RF013-SARE: La etapa de *Switch Barker*, deberá permitir la conexión o no conexión de la alimentación principal de entrada, sea de forma manual, o de forma automática en protección, en caso de una anomalía eléctrica. Sus funcionalidades se detallan a continuación:
 - (A) Deberá permitir la conexión o no conexión de forma manual de la alimentación principal entrada
 - (B) Deberá permitir la conexión o no conexión de forma automática de la alimentación principal entrada, como resultado de la protección eléctrica que deberá ofrecer el dispositivo, en caso de una anomalía eléctrica
 - (C) Deberá estar en conexión eléctrica en serie con los terminales positivos de la alimentación principal entrada.
- (xiv) RF014-SARE: La etapa de fuente regulada DC-DC deberá ofrecer un suministro alimentación eléctrica estable y seguro, de tipo regulado, para todos los equipos y dispositivos que hacen parte del ITS No SIRCI.
- (xv) RF015-SARE: La etapa de fuente regulada DC- DC, deberá tener como funcionalidad en su entrada de alimentación un sistema de limitación de voltaje o sobretensión. Adicionalmente, deberá brindar la protección eléctrica en sobre corriente, tanto para la entrada como para la salida de alimentación.
- (xvi) RF016-SARE: Cada dispositivo que pertenece al ITS No SIRCI deberá tener su propia protección eléctrica en alimentación, consistente en un fusible de protección.

Las características y/o tipos de fusibles de protección deberán estar acordes a lo establecido y/o recomendado por el fabricante de cada dispositivo, en sus Especificaciones Técnicas.

En caso de que el fabricante del dispositivo no ofrezca las características en mención, estas deberán ser el resultado de un cálculo técnico que incluya estudio, diseño y análisis de la carga eléctrica que representa el dispositivo en cuestión, en condiciones máximas de petición energética. El cálculo técnico deberá ser realizado por parte del Concesionario de Provisión, y sus resultados completos deberán ser entregados a Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión, para su respectiva revisión, verificación y validación.

(b) Requisitos no funcionales del SARE

- (i) RNFS001-SARE: El SARE deberá tener como entrada el suministro eléctrico principal o de chasis del Bus, así como la señal de detección de encendido o apagado del Bus, u otros tipos de señales, según sea el caso según, conforme a la concepción del diseño e implementación del Concesionario de Provisión. Así mismo, deberá ofrecer una salida, la cual deberá estar conectada sistema principal de alimentación eléctrica de entrada del ITS No SIRCI. (ver Figura 12)

Para el cumplimiento cabal de este requisito no funcional, el Concesionario de Provisión deberá garantizar lo siguiente:

- (A) Las características, especificaciones y protecciones, de carácter eléctrico y de capacidad de potencia, asociadas a los dispositivos hardware eléctricos y/o electrónicos del SARE y de sus componentes funcionales, deberán ser robustas, ofreciendo un amplio margen de seguridad y de capacidad suficiente, en voltaje, corriente y potencia, de acuerdo con las características de la carga eléctrica a alimentar, representada en el consumo del ITS No SIRCI, en condiciones operativas de máxima petición energética.
- (B) La calidad, aislamiento y seguridad eléctrica, así como de compatibilidad electromagnética pertinente, para el suministro energético al ITS No SIRCI.
- (C) La selección de los dispositivos de hardware eléctricos y/o electrónicos del SARE y de sus componentes funcionales, en sus características, especificaciones y protecciones, de carácter eléctrico y de capacidad de potencia, deberán corresponder al resultado de un cálculo técnico que incluya estudio, diseño y análisis de la carga eléctrica a respaldar, representada en la carga eléctrica total del ITS No SIRCI a alimentar, en

condiciones máximas de petición energética, así como otros aspectos técnicos necesarios a lugar.

- (D) El cálculo técnico deberá ser realizado por parte del Concesionario de Provisión, y sus resultados completos deberán ser entregados a Transmilenio mediante Notificación en los Términos del Contrato de Concesión de Provisión.
- (ii) RNFS002-SARE: Las baterías de respaldo ITS No SIRCI deberán ser de tipo UPS DC-DC, y de libre mantenimiento. Transmilenio considerará baterías de nuevas tecnologías y que cumplan funcionalidades para un sistema de respaldo UPS.
- (iii) RNFS003: El número de ciclos de carga de las baterías de respaldo deberá ser de al menos de cuatrocientos (400).
- (iv) RNFS004-SARE: El banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI deberá estar conformado por un conjunto de baterías debidamente conectadas eléctricamente en su polarización y ancladas mecánicamente, con posibilidad de ajuste, e instaladas en el portaequipaje o bodega del Bus, que las almacena para tal fin. El portaequipajes o bodega en mención deberá garantizar una ventilación natural para las baterías a las que hace referencia el presente requisito no funcional.
- (v) RNFS005-SARE: El banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI deberá tener un fusible de protección conectado en serie en el terminal positivo del banco para propósitos de protección eléctrica. La tipología del fusible y sus especificaciones de protección deberán ser adecuadas, con capacidad eléctrica suficiente y pertinente, de acuerdo con los valores de corrientes máximas asociadas a los procesos de recarga y descarga energética del banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI

Adicionalmente, en conexión en serie con el fusible descrito, se deberá tener un interruptor tipo llave automotriz que permita conectar o desconectar eléctricamente de forma manual el banco de baterías de respaldo ITS No SIRCI, para facilitar procedimientos de mantenimiento. Las características eléctricas de la llave automotriz deberán ser adecuadas, con capacidad eléctrica suficiente y pertinente, con amplio margen de seguridad eléctrica y mecánica, de acuerdo con los valores de corrientes máximas asociadas a los procesos de recarga y descarga energética del banco de baterías de respaldo.

- (vi) RNFS006-SARE: Transmilenio desde la Etapa Preoperativa realizará pruebas de verificación para validar que el banco de baterías de respaldo del ITS No SIRCI garantice al momento de vinculación de los Buses un mínimo de diez (10) horas

continuas de autonomía energética a todos los dispositivos del ITS No SIRCI, sin excepción.

Estas pruebas, adicionalmente, verificarán las características, especificaciones y protecciones eléctricas idóneas en requerimiento del SARE y sus componentes funcionales, así como la validación de la correcta interconexión del SARE tanto a la alimentación principal del Bus como al suministro del ITS No SIRCI. Finalmente, se verificará que el SARE solo suministre energía de respaldo a todos los dispositivos del ITS No SIRCI.

- (vii) RNFS007-SARE: Las especificaciones del cargador DC-DC, ofrecidas por el fabricante del mismo, y que están definidas en características en el tiempo de voltaje y corriente para la recarga en mapa de carga, así como otras especificaciones eléctricas fundamentales, deberán ser compatibles con las características en el tiempo de voltaje y corriente para la carga, el tipo de batería, la capacidad máxima de carga, el voltaje nominal y otras especificaciones eléctricas, propias de las baterías de respaldo ITS No SIRCI. Estas son determinadas por su fabricante.
- (viii) RNFS008-SARE: La etapa de *de Switch Barker* totalizador, perteneciente al componente funcional de alimentación regulada, deberá tener especificaciones eléctricas de voltaje, corriente, potencia y de umbrales de desconexión automática en protección eléctrica, suficientemente robustas y con un amplio margen de seguridad y capacidad que garantice la calidad y seguridad de alimentación eléctrica del ITS No SIRCI.
 - (A) En coherencia con lo anterior, las Especificaciones Técnicas y los umbrales de desconexión automática en protección eléctrica que deberá brindar la etapa *de Switch Barker* totalizador, así como el tipo de tecnología para la desconexión en protección, deberán corresponder a los resultados de un cálculo técnico que incluya estudio, diseño y análisis de la carga eléctrica a respaldar, representada en la carga eléctrica total del ITS No SIRCI a alimentar, en condiciones máximas de petición energética, así como otros aspectos técnicos necesarios.
 - (B) El cálculo técnico deberá ser realizado por parte del Concesionario de Provisión, y sus resultados completos deben ser entregados a Transmilenio mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión.
- (ix) RNFS009-SARE: La etapa de fuente regulada DC-DC, perteneciente al componente funcional de alimentación, deberá ofrecer especificaciones eléctricas de voltaje, corriente, potencia y de regulación de suficiente robustez y capacidad necesaria, con

amplio margen de seguridad para garantizar la estabilidad, calidad y seguridad en alimentación de carga eléctrica representada en la demanda energética del ITS No SIRCI, en condiciones operativas de máximas de petición de energía.

- (A) En coherencia con lo anterior, las especificaciones eléctricas de voltaje, corriente, potencia y de regulación de la fuente eegulada DC-DC, deberán corresponder a los resultados de un cálculo técnico que incluya estudio, diseño y análisis de la carga eléctrica a respaldar, representada en la carga eléctrica total del ITS No SIRCI a alimentar, en condiciones máximas de petición energética, así como otros aspectos técnicos necesarios a lugar.
 - (B) El cálculo técnico deberá ser realizado por parte del Concesionario de Provisión, y sus resultados completos deberán ser entregados a Transmilenio mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión.
- (x) RNFS010-SARE: Los dispositivos hardware eléctricos y/o electrónicos que conforman componente funcional cargador DC-DC, y los dispositivos hardware eléctricos y/o electrónicos que conforman el componente funcional de conmutación de potencia, deben cumplir la siguiente regulación:
- (A) IP65, IK04, en carcasa o chasis respectivo
 - (B) EN 61000-6-3, EN 55014-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-1, EN 55014-2
 - (C) ECE R10-5
- Cada uno de los dispositivos hardware eléctricos y/o electrónicos que conforman tanto el componente funcional cargador DC-DC y el componente funcional conmutación de potencia deberán tener una carcasa o chasis respectivo
- (xi) RNFS011-SARE: La fuente regulada DC-DC, perteneciente al componente funcional alimentación regulada, deberá cumplir con la normativa R10 de la ONU para el equipamiento a bordo de los Buses, así como las siguientes regulaciones:
- (A) IP65, IK04, en carcasa o chasis respectivo
 - (B) ISO16750-2, ISO 7637
 - (C) FCC Part 15
 - (D) IEC 610000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-29

La fuente regulada DC-DC, perteneciente al componente funcional alimentación regulada, deberá tener una carcasa o chasis respectivo

- (xii) RNFS012-SARE: La instalación eléctrica del sistema SARE deberá contener un Barraje Equipotencial para protección eléctrica.
- (xiii) RNFS013-SARE: Para la instalación y acometidas eléctricas del sistema SARE se deberán utilizar cables blindados, debidamente aterrizados. Las características técnicas de los cables a implementar, sus calibres y sus valores máximos de corriente nominal deberán ser definidos a partir de un cálculo técnico, que incluya el análisis y estudio del consumo eléctrico del ITS No SIRCI, en condiciones operativas máximas de petición energética, con una margen de seguridad mínimo del diez por ciento (10%).

El cálculo técnico en mención deberá ser realizado por el Concesionario de Provisión. Esto deberá ser entregado a Transmilenio mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión para su respectiva validación y verificación.

- (xiv) RNFS014-SARE: Para las interfaces físicas de suministro y conectividad eléctricos del SARE y sus distintos componentes funcionales, se deberán utilizar conectores de tipo automotriz, los cuales deberán cumplir la regulaciones nacionales e internacionales vigentes en el ámbito automotriz y en el ámbito de la alimentación y suministro eléctrico a bordo de Buss, tales como FAKRA o en ISO 20860, o de aviación o equivalente de tipo M12.

Los conectores de tipo automotriz en mención deberán tener características mecánicas robustas y especificaciones de voltaje, corriente y potencia pertinentes y de suficiente capacidad, con amplio margen de seguridad, para condiciones de máxima petición energética de la carga a alimentar. En ese sentido, los conectores automotrices a implementar, en sus características mecánicas y Especificaciones Técnicas y eléctricas, deberán garantizar una alimentación eléctrica segura y estable para el sistema SARE y sus distintos componentes funcionales.

En coherencia con lo anterior, las características mecánicas y Especificaciones Técnicas y eléctricas de los conectores automotrices a implementar, deberán ser el resultado de un cálculo técnico, que incluya el análisis y estudio del consumo eléctrico del ITS No SIRCI, en condiciones operativas máximas de petición energética, con una margen de seguridad mínimo del diez por ciento (10%).

El cálculo técnico en mención deberá ser realizado por el Concesionario de Provisión, el cual deberá ser entregado a Transmilenio mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, para respectiva validación y verificación.

- (xv) RNFS015-SARE: Para las interfaces de suministro eléctrico para cada dispositivo que forma parte del ITS No SIRCI se deberán utilizar conectores tipo FAKRA o en

ISO 20860, o de aviación o equivalente de tipo M12, los cuales deberán tener características mecánicas y especificaciones de voltaje, de corriente y de potencia robustos y de suficiente capacidad, con amplio margen de seguridad en condiciones de máxima petición energética de la carga a alimentar. En ese sentido, los conectores a implementar, en sus características mecánicas y Especificaciones Técnicas y eléctricas, deberán garantizar una alimentación eléctrica segura y estable para el sistema SARE en general.

- (A) En coherencia con lo anterior, las características mecánicas y Especificaciones Técnicas y eléctricas en mención, deberán ser el resultado de un cálculo técnico, que incluya el análisis y estudio del consumo eléctrico del ITS No SIRCI, en condiciones operativas máximas de petición energética, con una margen de seguridad mínimo del diez por ciento (10%).
 - (B) El cálculo técnico en cuestión deberá ser realizado por el Concesionario de Provisión lo cual será entregado a Transmilenio mediante notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión para su respectiva validación y verificación.
- (xvi) RNFS016-SARE: La instalación eléctrica deberá tener canaletas ranuradas, donde se separe la acometida de alimentación con la acometidita de datos. Las canaletas deberán estar fabricadas con materiales pertinentes para instalaciones de características eléctricas y automotrices, con propiedades auto extingüibles y retardantes al fuego, de modo que no emitan gases tóxicos o humo.
- (xvii) RNFS017-SARE: El Concesionario de Provisión deberá entregar a Transmilenio mediante notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión los planos eléctricos completos del SARE, en cada uno de los componentes internos y dispositivos eléctrico y/o electrónicos, así como los planos eléctricos que detallen la interconexión del SARE con el sistema eléctrico del Bus y con el ITS No SIRCI.

Adicionalmente, el Concesionario de Provisión deberá entregar la totalidad de la documentación técnica, fichas técnicas y certificados de cada uno de los componentes y dispositivos que conforman el SARE. Toda la documentación anterior se deberá entregar a Transmilenio como parte del PMI del que trata la Sección, para su respectiva revisión, verificación y validación.

4.12 El Sistema Inteligente de Gestión de Patio (SITSP)

Este sistema tendrá como propósito recibir, almacenar y ofrecer información sobre los ITS No SIRCI que están asociados a los Buses y al SGE e interactuar con las peticiones que se realicen a este sistema desde el CDEG.

El SITSP deberá contar con un esquema de comunicaciones robusto que garantice cobertura total en el área del Patio, permitiendo así la correcta recepción de la información transmitida por los Buses. La infraestructura de comunicaciones deberá operar, como mínimo, en la banda de 5 GHz, a fin de asegurar una transmisión de datos con alta velocidad y baja latencia.

Una vez recibida la información, el SITSP deberá ser capaz de almacenar de forma segura todos los datos provenientes tanto de los Buses como del Sistema de Gestión de la Energía (SGE).

Asimismo, el sistema deberá permitir la consulta de dicha información, de acuerdo con los requerimientos funcionales y no funcionales definidos en el presente Anexo. Esto incluye, pero no se limita a, datos de Telemetría de los Buses, grabaciones de video y cualquier otra información generada o gestionada por el SGE.

A continuación, se describen los requisitos mínimos funcionales y no funcionales que deberá cumplir el Concesionario de Provisión frente al SITSP del ITS No SIRCI:

(a) Requisitos funcionales del SITSP

- (i) RF001-SITSP: El SITSP deberá permitir alcanzar desde el CDEG, los videos marcados que están almacenados en el SITSP para que satisfaga el objetivo de buscar, extraer y descargar material audio visual, que se requiera y del Bus solicitado en la franja de tiempo definida. De igual forma deberá contar con una interfaz web dispuesta para Transmilenio donde se podrán consultar (por fecha, hora, Bus, cámara, etc.), descargar estos videos y visualizarlos.
- (ii) RF002-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá implementar un esquema de seguridad perimetral en alta disponibilidad con sus respectivas políticas de seguridad, el cual esté en capacidad de gestionar reglas que permitan control sobre la data/información que ingrese y salga del sistema de cómputo en Patio.
- (iii) RF003-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá implementar un esquema de gestión LAN en donde se implementen políticas de comunicación entre los diferentes segmentos internos de red y sus diferentes dispositivos internos interconectados. Adicionalmente el Concesionario de Provisión deberá implementar políticas de gestión de enrutamiento en el ámbito de conectividad WAN para que Transmilenio pueda alcanzar siempre los Buses o el SGE para acceder y descargar la información que se requiera.
- (iv) RF004-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá implementar canales de comunicación a través de túneles seguros entre el sistema de cómputo en Patio y el CDEG de Transmilenio.

- (v) RF005-SITSP: El sistema de seguridad y comunicaciones del SITSP, deberá tener un administrador, con roles y credenciales suficientes para tener control y gestión de la información que se genera e intercambia con las diferentes interfaces LAN y WAN. Transmilenio podrá auditar y consultar todos los niveles de seguridad del acceso al ITS No SIRCI a través de este administrador.
- (vi) RF006-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá implementar un Centro de Datos ITS del SITSP ubicado en las instalaciones de cada Patio que contenga soluciones de almacenamiento que garanticen el acopio de toda la data y videos proveniente de cualquiera de los Buses de la Flota, así como su almacenamiento por al menos quince (15) días para responder a las demandas administrativas y jurídicas que le hagan al SITP al respecto.
- (vii) RF007-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP, deberá administrar el almacenamiento de la información (datos, videos y/o archivos o lo que proceda), en una estructura de catalogación por carpetas que evite la perdida, corrupción o desbordamiento por límite de indexación.
- (viii) RF008-SITSP: El SITSP deberá contar con la capacidad suficiente para que la Flota de Buses descargue/transmita la totalidad de la data recopilada del día de operación en el Centro de Datos ITS, a través de la red Wi-Fi de alta velocidad desplegada en este sitio, cada vez que el Bus ingrese al Patio.
 - (A) El Bus deberá descargar la totalidad de la data del(los) día(s) de operación desde la última descarga, así el Bus haya permanecido por fuera del Patio durante un periodo mayor a un día, teniendo en cuenta que el almacenamiento local del Bus deberá permitir una capacidad de 45 Días.
 - (B) El SITSP deberá tener la capacidad de generar un reporte diario de la cantidad de Buses que se cargaron y cuanto fue la energía consumida de su parte, incluso deberá poder hacer la relación de con cuanto SOC salió y con cuanto SOC entró al Patio cada Bus.
 - (C) En los Eventos en que se requiera la descarga de video, Transmilenio podrá solicitar el acceso tanto al material previamente marcado cuando se accione un botón de pánico, como requerir la descarga del video almacenado en continuo, esto es, aquel que reposa en el HWV. Este último no tendrá que ser almacenado en el SITSP en su totalidad.
 - (D) El Concesionario de Provisión tendrá la obligación de permitir el acceso remoto a Transmilenio para la consulta de los videos, tanto marcados como

en continuo, con el fin de asegurar que estos se encuentren disponibles para su descarga.

- (ix) RF009-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del Patio del SITSP deberá conservar la información (datos y videos) disponible para consulta por un término no inferior a quince (15) Días. Se exceptúan de lo anterior los videos marcados, los cuales deberán permanecer por al menos cinco (5) años en el centro de almacenamiento del Patio ó hasta que Transmilenio disponga lo contrario.

Transmilenio podrá llevar a cabo, con una periodicidad anual, la revisión de la información previamente almacenada, con el fin de adoptar las determinaciones que resulten pertinentes respecto de dicho material, pudiendo ordenar su conservación o eliminación, según lo considere necesario.

- (x) RF010-SITSP: El Sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP podrá hacer uso de un mecanismo de *buffer* con ventana deslizante equivalente al tiempo de retención de 15 Días.
- (xi) RF011-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP deberá estar soportado en tecnologías de arreglos RAID 5 o superior, con la capacidad suficiente para almacenar la información asociada al sistema operativo del ITS No SIRCI, las aplicaciones base, la información descargada automáticamente de los videos marcados en operación, la Telemetría de alta frecuencia, las solicitudes de video y cualquier otra información que Transmilenio requiera.
- (xii) RF012-SITSP: De ser requerido por Transmilenio, la data de texto, videos o imágenes almacenados en el sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP, deberán ser almacenados haciendo uso de mecanismos de encriptación. El Concesionario de Provisión deberá disponer de los recursos necesarios para la respectiva desencriptación.
- (xiii) RF013-SITSP: El SITSP, a través de su Centro de Datos ITS, deberá contar con una base de datos de tipo relacional destinada al almacenamiento de los datos de Telemetría de alta frecuencia. Dicha base de datos deberá ser accesible, posteriormente, mediante un esquema de API/REST, cuya implementación será responsabilidad del Concesionario de Provisión, a efectos de permitir la extracción de los datos desde el CDEG.
- (xiv) RF014-SITSP: El SITSP, a través de su solución informática del Centro de Datos ITS, deberá contar con un software que permita realizar la inserción de los datos de Telemetría de alta frecuencia a la base de datos relacional extraída de los Buses.

- (xv) RF015-SITSP: El SITSP, a través de la base de datos relacional de su Centro de Datos ITS, deberá almacenar la información bajo un esquema de tablas clasificadas por tipo de variable. Dichas tablas deberán incorporar particionamiento por día y agrupamiento por identificador de Bus y/o Cargador/conector, con el objetivo de dar cumplimiento a lo establecido en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y en el Diccionario de Datos.
- (xvi) RF016-SITSP: El SITSP, a través de su solución informática del Centro de Datos ITS deberá contar con una API de tipo REST, que a través de la exposición de un End Point, permita la consulta y exporte de los datos almacenados en la base de datos relacional. En caso de que se realice una consulta a la base de datos, deberá ser posible descargar la información en formatos tipo JSON, csv y/o xlsx. Este intercambio de datos entre el CDEG y el Centro de Datos ITS del Patio deberá seguir lo dispuesto por Transmilenio en el Diccionario de Datos.
- (xvii) RF017-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá suministrar los usuarios de la base de datos con privilegios de consulta a Transmilenio y al Operador Designado por Transmilenio sin restricción de tiempo, para poder acceder a la data almacenada en la base de datos relacional del Centro de Datos ITS.
- (xviii) RF018-SITSP: El SITSP a través de su servidor VMS desplegado dentro del Centro de Datos ITS, deberá permitir la descarga de los videos que solicite Transmilenio a demanda en formato AVI, MP4 o similar, y su posterior transferencia al CDEG en atención a lo definido por este.
- (xix) RF019-SITSP: El SITSP deberá contar con un usuario administrador ITS, el cual deberá garantizar los accesos seguros tanto locales como remotos al VMS o a los componentes del SITSP, de tal manera que se generen y otorguen los permisos y las respectivas credenciales hacia Transmilenio.
- (xx) RF020-SITSP: El SITSP deberá contar con almacenamiento suficiente para permitir las consultas y descargas, tanto remotas como locales, que Transmilenio solicite. Para esto deberá contar con un módulo de programación de descargas de videos no marcados, el cual podrá solicitar la descarga por Día del equivalente a 20 Buses con todos los videos de todas las cámaras durante dieciocho (18) horas de operación y estos deberán ser almacenados por mínimo quince (15) Días.
- (xxi) RF021-SITSP: El SITSP deberá implementar una interfaz gráfica y un mecanismo automatizado para atender solicitudes remotas de descarga de video provenientes del CDEG, siguiendo la siguiente secuencia:

- (A) Recepción de la solicitud de descarga: El SITSP deberá recibir, desde el CDEG, una trama estructurada que contenga, como mínimo, el identificador único del Bus (placa o ID) y el rango de tiempo del video a descargar. Esta solicitud se deberá poder hacer también desde la interfaz gráfica dispuesta para Transmilenio.
 - (B) Verificación de presencia del Bus: Al recibirse la solicitud, el SITSP deberá verificar si el Bus se encuentra dentro de la zona geográfica del Patio, mediante geocercas preconfiguradas, y confirmar que esté registrado como presente en el sistema. En caso de no estarlo deberá mantener la solicitud en pendiente y continuar con el procedimiento una vez el Bus esté dentro de la zona de Patio o podrá hacerlo mediante la red celular.
 - (C) Verificación de encendido: El SITSP deberá consultar el estado de encendido del Bus o de su HWC, validando que se encuentre visible y conectado a la red Wi-Fi del Patio o podrá hacerlo mediante red celular.
 - (D) Inicio de la descarga: Si el Bus se encuentra encendido, el SITSP deberá iniciar de forma inmediata el proceso de descarga del video desde el STS embarcado.
 - (E) Notificación en caso de no encendido: Si el Bus no se encuentra encendido, el SITSP deberá generar una notificación al operador responsable del Patio, para que proceda a encenderlo o podrá automatizar un encendido remoto.
 - (F) Detección de encendido posterior: Una vez encendido el Bus, el SITSP deberá detectar su estado activo y reactivar automáticamente la solicitud original de descarga, sin requerir un reenvío manual desde el CDEG.
 - (G) Descarga del video y enlace de acceso: El video solicitado deberá ser descargado en el almacenamiento del SITSP. Concluida la transferencia, el SITSP deberá generar automáticamente un enlace seguro de descarga, el cual deberá ser notificado electrónicamente, en los términos determinados por Transmilenio, al CDEG para su acceso.
 - (H) Formatos y seguridad: La comunicación entre el CDEG y el SITSP, así como entre el SITSP y el STS deberá emplear mecanismos de autenticación y cifrado conforme a las políticas de seguridad establecidas por Transmilenio.
- (xxii) RF022-SITSP: El SITSP deberá implementar un mecanismo automatizado para atender solicitudes remotas de la Telemetría del Bus provenientes del CDEG. Para esto, el Concesionario de Provisión deberá generar un esquema de intercambio de

información tipo API / REST, en formato JSON, mediante un esquema tipo *pull*, que permita la extracción del identificador del Bus, su placa, las fechas correspondientes y la información requerida almacenada en el SIGO-SMT con un límite máximo de quince (15) Buses.

- (xxiii) RF023-SITSP: El sistema SITSP deberá, al momento de descargar la información de Telemetría del Bus, contar con un escenario de decodificación de la información del CANBUS del Bus, es decir, si en el Bus se descarga información sin decodificar en términos de PGN o SPN, es deber del Fabricante del Bus suministrar los SPN, o PGN o lo que proceda para poder leer claramente la información descargada y poder interpretarla por parte del CDEG.
- (xxiv) RF024-SITSP: El software del SITSP deberá implementar un módulo de almacenamiento, registro y consulta de datos de las tramas locales de los Buses, el cual deberá contar con una interfaz web que permita la búsqueda, selección y descarga de los datos almacenados de acuerdo con lo definido en el presente Anexo.
- (xxv) RF025-SITSP: El software del SITSP deberá estar en capacidad de adquirir datos tanto del SGE como de como de otros componentes que se requieran para registrar la información requerida de la IRE.

Lo anterior con el objeto de que las tramas periódicas asociadas a la IRE se transmitan en intervalos de 15 minutos y 24 horas al CDEG, de acuerdo con la frecuencia definida para cada una de las tramas con esta naturaleza. Cada una de estas tramas deberá contener, como mínimo, en su cabecera, la siguiente información:

- (A) Versión de trama.
- (B) Identificador de registro.
- (C) Tipo de Trama
- (D) Código de trama.
- (E) Trama retransmitida.
- (F) Fecha y hora de lectura del dato.
- (G) Fecha y hora de envió de los datos al CDEG.
- (H) Trama retransmitida.
- (I) Número del cargador/conector
- (J) Ubicación del cargador

(K) Potencia máxima (cargador/conector)

(L) Tipo de conector

Con respecto a lo anterior, las tramas y las variables que deberán ser reportadas al CDEG estarán definidas en el Diccionario de Datos.

(xxvi) RF026-SITSP: El SITSP deberá contar con la capacidad de generar y enviar al CDEG de Transmilenio los Eventos listados a continuación:

(A) Inicio de Proceso de Carga.

(B) Finalización de Proceso de Carga.

(C) Programación de Carga

(D) Control dinámico de Carga.

(E) Evento Experimental de Energía

El Concesionario de Provisión deberá garantizar la implementación y reporte del motivo de finalización del evento de carga de acuerdo a lo definido en el Diccionario de Datos y Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

(xxvii) RF027-SITSP: El SITSP deberá contar con la capacidad de generar y enviar al CDEG de Transmilenio las Alarmas listadas a continuación:

(A) Falla en el cargador/Conector

(B) Interrupción de carga

(C) Desconexión Inesperada

(D) Anomalía en comunicación

(E) Anomalía en Suministro

(F) Indisponibilidad

(G) Alarma del SGC

(H) Alarma Experimental de Energía

La estructura de las Alarmas aquí listadas estará definida en el Diccionario de Datos, mientras que las condiciones para su generación se especificarán en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

(b) Requisitos no funcionales del SITSP

- (i) RNFS001-SITSP: Los Patios asignados al Operador Designado por Transmilenio deberán implementar una red Wi-Fi de gran alcance, de tal manera que todos los Buses tengan cobertura y puedan acceder a los servicios dispuestos en esta red para intercambio de datos/información. Esta red deberá contar con la posibilidad de habilitar niveles de autenticación y cifrado WPA2 o WPA3 para la intercomunicación de Buses con el SITSP.

La red Wi-Fi de Patio deberá operar bajo el estándar IEEE 802.11ac (Wi-Fi tipo 5) o superior, garantizando la descarga completa de la información audiovisual de todas las cámaras correspondiente a un día de operación (18 horas de operación) de cada Bus en un periodo no mayor a cuatro (4) horas, de al menos veinte (20) Buses simultáneos.

- (ii) RNFS002-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá presentar la arquitectura diagramada que evidencie el despliegue de los componentes mediante los cuales se garantice el cumplimiento de la alta disponibilidad de la red Wi-Fi LAN del Patio, así como la arquitectura del ITS requerida para la operación del SITSP. Para tal efecto, el Concesionario de Provisión estará obligado a diseñar e implementar una solución que prevenga fallos en la infraestructura física, de conexión, de red, de transporte, de aplicaciones y demás elementos críticos, con el propósito de asegurar en todo momento la continuidad del servicio de conectividad entre los Buses y los clientes conectados, habilitando la descarga automática y segura de videos y datos de Telemetría, así como su integración con el SGE.

- (A) La arquitectura definida por el Concesionario de Provisión deberá contemplar redundancia física y lógica en sus componentes críticos, incluyendo, como mínimo: (i) la implementación de múltiples puntos de acceso estratégicamente ubicados que aseguren cobertura integral sin zonas muertas; (ii) mecanismos de balanceo de carga entre dispositivos; y (iii) controladores con capacidad de conmutación automática hacia el sistema de gestión del Patio (SITSP).

- (B) Será responsabilidad del Concesionario de Provisión diseñar, implementar y probar una arquitectura de red Wi-Fi que garantice la disponibilidad continua del servicio durante las ventanas de carga, descarga y Mantenimiento de los Buses, en estricto cumplimiento de los requerimientos del ITS No SIRCI y de los demás sistemas que dependen de la conectividad inalámbrica.

- (iii) RNFS003-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá implementar en el Patio un sistema de cómputo con capacidad de comunicaciones hacia el ISP (Proveedor de

Servicios de Internet), de tal manera que pueda acceder a una red de alta velocidad que permita la conexión al CDEG, de manera segura y en tiempo real.

- (iv) RNFS004-SITSP: El sistema de cómputo en Patio deberá tener la capacidad de instalar un sistema de gestión de video con interfaz gráfica de usuario final, de tal manera que Transmilenio pueda acceder a cada uno de los HWV y deberá permitir realizar las acciones de consulta, extracción y descarga de datos audiovisuales por medio de la interfaz gráfica o por medio de Interoperabilidades con los sistemas de información de Transmilenio por medio de APIs. Adicionalmente, deberá permitir dejar los videos a disposición de Transmilenio en los repositorios que éste defina, garantizando la Cadena de Custodia de los videos.

Este sistema de gestión de video deberá permitir conexión remota segura a través de clientes habilitados para este propósito. Estos accesos se deberán realizar a través de la red LAN de Patio (cableada e inalámbrica Wi-Fi) de alta disponibilidad (HA).

- (v) RNFS005-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá implementar y mantener en el sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP todas las medidas necesarias que eviten o mitiguen el riesgo de pérdida de datos o información. Para tal efecto, deberá incorporar tecnologías de redundancia y demás mecanismos de respaldo que resulten idóneos, atendiendo los parámetros de *Recovery Point Objective (RPO)* y *Recovery Time Objective (RTO)*, para la continuidad del negocio, conforme a las mejores prácticas de la industria.
- (vi) RNFS006-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP podrá implementarse mediante discos SSD o mediante una arquitectura híbrida HDD + SSD, siempre que garantice el cumplimiento de los requisitos de desempeño, disponibilidad, seguridad, mantenibilidad y cambiar discos ó módulos en caliente en caso de requerirse mantenimiento o reemplazo de estos.
- (vii) RNFS007-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS deberá contar con una velocidad de escritura secuencial sostenida efectiva mínima de 800 MB/s y una velocidad de lectura secuencial sostenida mínima de 1200 MB/s.
- (viii) RNFS008-SITSP: Los discos deberán ser de grado empresarial, aptos para operación 24x7. Los Discos SSD deberán contar con interfaz SATA III, SAS, NVMe o superior, y los HDD deberán contar con interfaz SATA III de 6 Gbps, SAS de 12 Gbps o superior, velocidad mínima de 10.000 rpm.
- (ix) RNFS009-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS deberá contar con funciones de protección de datos ante pérdidas de energía.

- (x) RNFS010-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS deberá garantizar la certificación de cumplimiento de estándares industriales como CE, FCC, RoHS.
- (xi) RNFS011-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS deberá garantizar su operación en rangos de temperatura de -20°C a 60°C.
- (xii) RNFS012-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP deberá contar con un MTBF mínimo de 100000 horas.
- (xiii) RNFS013-SITSP: El sistema de almacenamiento deberá contar con mecanismos automáticos de tiering, caché, buffering, journaling o equivalentes, que optimicen la escritura y lectura de información, entre los medios SSD y HDD en caso de arquitecturas híbridas, garantizando integridad, consistencia y recuperación controlada de la información.
- (xiv) RNFS014-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS deberá contar como mínimo de un 10% de almacenamiento libre, incluido en el almacenamiento total durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.
- (xv) RNFS015-SITSP: El almacenamiento de la base de datos relacional deberá contar con 10% de almacenamiento libre, incluido en el almacenamiento total durante el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.
- (xvi) RNFS016-SITSP: El Concesionario de Provisión deberá garantizar un suministro continuo de energía eléctrica para el soporte del ITS No SIRCI desplegado en el Patio (SITSP), incluyendo la red Wi-Fi y los canales de comunicación, por un período mínimo de cuatro (4) horas continuas.
- (xvii) RNFS017-SITSP: El sistema de almacenamiento del Centro de Datos ITS del SITSP deberá soportar encriptación de datos como AES de 256 y esquemas de cifrado que garanticen la seguridad de la información.
 - (A) Cumplido dicho tiempo, el sistema ITS No SIRCI deberá contar con mecanismos que aseguren el apagado controlado de los equipos, procurando el adecuado manejo del estado de salud de estos y de la solución tecnológica en su conjunto.
 - (B) Una vez restablecida la fuente principal de energía, el SITSP deberá reanudar su funcionamiento normal sin afectaciones a su operación o disponibilidad.

- (C) Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá presentar la solución técnica que permita demostrar, en términos de consumo de corriente, la forma en que se alcanza el escenario diseñado para garantizar la autonomía de cuatro (4) horas. Esta condición deberá cumplirse durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión. Transmilenio estará facultado para realizar pruebas de verificación en cualquier momento de la ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.
- (D) En caso de requerirse la sustitución de baterías o UPS, el Concesionario de Provisión deberá brindar al Operador Designado por Transmilenio toda la orientación técnica necesaria para que se dispongan las UPS acordes con el consumo de corriente de todos los elementos que conforman el SITSP. La ejecución del cambio corresponderá al Operador Designado por Transmilenio.

(c) Interfaz con el Sistema de Gestión de Energía del Patio

El Concesionario de Provisión deberá implementar una interfaz que permita la Interoperabilidad entre el SGE del Patio y el SITSP del ITS No SIRCI, el cual, a su vez, interoperará con el CDEG. Dicha interfaz deberá recabar información proveniente del SGE y de su sistema de Telemetría, incluyendo los datos suministrados por los medidores de energía del Patio (potencia activa, potencia reactiva y demás variables definidas en el Anexo 14 del Contrato de Concesión de Provisión).

La transmisión de esta información al SITSP deberá realizarse mediante esquemas tipo API/REST o mecanismos de interoperabilidad estándar. Adicionalmente, la interfaz deberá habilitar el acceso web a las herramientas del SGE para consultas bajo demanda por parte de Transmilenio mediante interfaz gráfica de usuario final y mediante servicios Restfull, entregando para ello los accesos correspondientes (usuarios, contraseñas, direcciones IP y manual de consumo).

La entrega de estos accesos deberá efectuarse en los mismos plazos establecidos para la entrega del Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI. En todo caso, deberá asegurarse la diferenciación del Patio al que se refiere la información, ya sea el Patio el vínculo o el Patio Calle Sexta, mediante el correspondiente nombre de identificación.

4.13 Sistema de Detección de Fallas (SDF)

El Concesionario de Provisión deberá implementar un sistema orientado a la detección de fallas de los dispositivos de hardware que complementan el ITS No SIRCI, el cual deberá contar con la capacidad de determinar en tiempo real el estado operativo de todos los elementos de hardware y generar reportes individualizados por cada uno de ellos, a fin de establecer su disponibilidad y funcionamiento dentro de la solución ITS No SIRCI de manera orquestada.

Dicho sistema deberá comunicarse con el CDEG mediante un esquema MQTT, que permita obtener de forma continua el estado de la solución ITS No SIRCI, con base en el Diccionario de Datos definido por Transmilenio. En este sentido, el sistema deberá asegurar la monitorización de los elementos pertenecientes a cada sistema y subsistema descrito, incluyendo sus servicios, siempre en concordancia con la misionalidad de cada sistema.

El Concesionario de Provisión deberá implementar un sistema orientado a la detección de fallas de los dispositivos de hardware que complementan el ITS No SIRCI, el cual deberá contar con la capacidad de determinar en tiempo real el estado operativo de todos los elementos de hardware y generar reportes individualizados por cada uno de ellos con el fin de establecer su disponibilidad y funcionamiento dentro del ITS No SIRCI de manera orquestada.

Dicho sistema deberá comunicarse con el CDEG mediante un esquema MQTT, que permita obtener de forma continua el estado del No SIRCI, con base en el Diccionario de Datos definido por Transmilenio. En ese sentido, el sistema deberá asegurar la monitorización de los elementos pertenecientes a cada sistema y subsistema descrito, incluyendo sus servicios, siempre en concordancia con la misionalidad de cada sistema.

A continuación, se describen los requisitos mínimos funcionales y no funcionales que deberá cumplir el Concesionario de Provisión frente al SDF del ITS No SIRCI embarcado en los Buses:

(a) Requisitos funcionales del SDF

- (i) RF001-SDF: El Concesionario de Provisión deberá garantizar que el equipo de HWS cuente con una interfaz de comunicación con el OBC y con el HWV, de manera que se realice de forma continua la interrogación sobre el estado de salud de dichos equipos de hardware. Identificado un estado anómalo de desempeño, este deberá ser reportado al CDEG mediante una Alarma, conforme a lo definido en el Diccionario de Datos y en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

Para la transmisión de esta información, el SDF podrá implementar un esquema de *broker* centralizado o *brokers* distribuidos por subsistema, siempre que se asegure la trazabilidad, sincronización e integración de los datos de supervisión, con el fin de que la información sea debidamente organizada y reportada al CDEG. Los comportamientos anómalos de desempeño estarán definidos en el Diccionario de Datos y en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.

- (ii) RF002-SDF: El software que corre en el HWS, deberá implementar un módulo de almacenamiento en disco de las tramas relacionadas con la supervisión de los sistemas de infraestructura física tanto del HWV como del OBC, con el objetivo de monitorear el *performance* de los dispositivos mencionados con anterioridad.

- (iii) RF003-SDF: El HWS deberá implementar un proceso automático que esté monitorizando continuamente el desempeño del sistema operativo, tanto del HWV como del OBC. Una vez se identifiquen los estados no deseados, estos deberán ser reportados al CDEG. Esta trama será definida en el Diccionario de Datos.
 - (iv) RF004-SDF: El HWS deberá implementar un proceso automático que identifique la obturación del botón de pánico, a través de la señal eléctrica de entrada dispuesta sobre los puertos GPIO. Esta señal de obturación deberá activar las acciones pertinentes para el monitoreo de los procesos que corran en el HWV y el OBC, y que son parte del proceso de envío de mensajes y videos al CDEG. Lo anterior estará definidos en el Diccionario de Datos y en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI.
 - (v) RF005-SDF: El sistema de almacenamiento del HWS deberá estar en capacidad de soportar la encriptación de datos como AES de 256 y esquemas de cifrado que garanticen la seguridad de la información.
 - (vi) RF006-SDF: El HWS del Bus deberá almacenar la información del monitoreo del performance de dispositivos IT de forma continua durante veinte (20) Días.
 - (vii) RF007-SDF: El HWS del Bus deberá almacenar la información del monitoreo de performance de dispositivos IT haciendo uso de un mecanismo de *buffer* con ventana deslizante equivalente al tiempo de retención de veinte (20) Días.
 - (viii) RF008-SDF: El software que corre en el HWS, deberá implementar un módulo de "*Detección de Estado del SARE*", el cual deberá estar en la capacidad de interactuar con el SARE, específicamente con la tarjeta de conmutación, de tal manera que ésta envíe el estado correspondiente al tipo de fuente que está alimentando el ITS No SIRCI. Este deberá enviar un mensaje al HWS en caso de que el ITS No SIRCI esté siendo alimentado por la fuente de energía principal del Bus o, en su defecto, deberá enviar un mensaje indicando si la fuente ha sido conmutada hacia la(s) batería(s) de reserva propias del ITS No SIRCI. Estos mensajes actuarán en coherencia con el Diccionario de Datos.
- (b) Requisitos no funcionales del SDF
- (i) RNFS001-SDF: El HWS deberá corresponder a un equipo de cómputo embebido del tipo SBC (*Single Board Computer*), de nivel industrial, que soporte un sistema operativo de software libre, cuya compatibilidad y estabilidad con el hardware estén debidamente comprobadas por el Concesionario de Provisión.
 - (ii) RNFS002-SDF: El HWS deberá tener una CPU suficiente para atender de forma múltiple la recolección de información de estados de los dispositivos y servicios que

se generan alrededor del ITS No SIRCI. Esta por lo menos deberá ser una CPU *Quad-Core*.

- (iii) RNFS003-SDF: El HWS deberá tener una memoria RAM mínima de 8GB en DDR4 o superior.
- (iv) RNFS004-SDF: El HWS deberá contar con una GPU que puede compartir memoria con la memoria RAM
- (v) RNFS005-SDF: El HWS deberá contar con puertos USB mínimo 3.0 que permita la conexión universal y flexible para conectar una amplia gama de dispositivos.
- (vi) RNFS006-SDF: El HWS deberá contar con la capacidad de conectividad a través de la Wi-Fi (802.11ac), Bluetooth 5 y conector ethernet a Gigabit.
- (vii) RNFS007-SDF: El sistema de almacenamiento del HWS en el Bus deberá contar como mínimo de un diez por ciento (10%) de almacenamiento libre, incluido en el almacenamiento total
- (viii) RNFS008-SDF: El HWS deberá contener puertos GPIO.
- (ix) RNFS009-SDF: El HWS deberá contar mínimo con una interfaz de comunicación que permita la extracción de información para los casos de contingencia por pérdida de conectividad u otros Eventos que conlleven a la extracción manual de la información allí contenida. Lo anterior, dentro de un ambiente seguro de extracción de datos.
- (x) RNFS010-SDF: El HWS deberá acoplarse al voltaje de suministro de energía del Bus que puede oscilar entre 9VDC y 36VDC.
- (xi) RNFS011-SDF: El HWS deberá poder operar en un rango de temperatura entre -20°C y 60°C.
- (xii) RNFS012-SDF: El HWS en su conjunto deberá operar con un índice de protección igual o superior a IP30.
- (xiii) RNFS013-SDF: El HWS deberá contar con una capacidad de almacenamiento mínimo de ciento veintiocho (128 GB), mediante tecnología SD o EMMC. Dichos dispositivos de almacenamiento deberán ser de nivel industrial, considerando que el equipo estará embarcado en los Buses y en operación.
- (xiv) RNFS014-SDF: El sistema de almacenamiento del HWS deberá garantizar la velocidad de lectura y escritura que atienda las necesidades de adquisición de datos para la supervisión de los diferentes componentes que correspondan.

- (xv) RNFS015-SDF: El sistema de almacenamiento del HWS deberá contar con funciones de protección de datos ante pérdida de energía.
- (xvi) RNFS016-SDF: El sistema de almacenamiento del HWS deberá garantizar la certificación de cumplimiento de estándares CE, FCC y RoHS.
- (xvii) RNFS017-SDF: El sistema de almacenamiento del HWS deberá garantizar su operación en rangos de temperatura de entre -20°C a 60°C.
- (xviii) RNFS018-SDF: El sistema de almacenamiento del HWS deberá contar con un MTBF mínimo de 100000 horas.
- (xix) RNFS019-SDF: El HWS deberá cumplir con los requisitos de resistencia a impactos y golpes establecidos en la norma IEC 60068-2-27, para lo cual deberá contar con una carcasa de nivel industrial que asegure el cumplimiento de dicha normativa.
- (xx) RNFS020-SDF: El HWS deberá cumplir con los requisitos de resistencia a vibraciones establecidos en la norma IEC 60068-2-64, para lo cual deberá contar con una carcasa de nivel industrial que asegure el cumplimiento de dicha normativa.

4.14 Requisitos Transversales

En esta Sección, se presenta el listado de los requisitos mínimos transversales que el Concesionario de Provisión deberá aplicar a todo el ITS No SIRCI.

(a) Requisitos funcionales de los RT

- (i) RF001-RT: Los sistemas que hagan parte del ITS No SIRCI deberán implementar un mecanismo automático, continuo y documentado de validación de integridad de los datos generados, incluyendo validaciones de forma, sintaxis, semántica y correlación de datos. Este mecanismo deberá:
 - (A) Validar la forma del dato (estructura de mensajes, tipos de datos, obligatoriedad de campos).
 - (B) Validar la sintaxis, incluyendo formatos de fecha, unidades de medida, patrones de texto, codificación, entre otros.
 - (C) Validar la semántica, asegurando que los valores reportados tengan sentido dentro de su contexto (por ejemplo, velocidad ≤ 0 si el Bus está detenido).
 - (D) Validar la coherencia con el dominio del dato, conforme al Diccionario de Datos, asegurando que los datos estén dentro de los rangos esperados o listas de valores válidos.

- (E) Implementar validaciones de correlación cruzada entre datos, incluyendo, pero no limitándose a:
 - (F) Temporalidad: Eventos deben tener marcas de tiempo coherentes con el reloj del sistema y entre sí
 - (G) Consistencia operacional: un Evento de “Inicio de Carga” no puede coexistir con “marcha activa” en el mismo segundo.
 - (H) Estados lógicos: una puerta no puede estar simultáneamente “abierta” y “cerrada”.
 - (I) Coherencia espacial: si el Bus está reportando velocidad > 0 , deberá haber coordenadas GPS asociadas válidas.
- (ii) RF002-RT: El Concesionario de Provisión deberá asegurar que todos los datos generados por el ITS No SIRCI, estén bien formados en estructura y contengan sólo los caracteres permitidos y exigidos por Transmilenio, de acuerdo con el Diccionario de Datos.
 - (iii) RF003-RT: El Concesionario de Provisión deberá asegurar que todos los datos generados por el ITS No SIRCI cumplan con los criterios de calidad definidos en el Diccionario de Datos y en el Documento de Interacciones ITS No SIRCI, de manera que constituyan un insumo usable para la generación de analíticas, cuyos resultados contribuyan a la mejora de la calidad del servicio y a la seguridad del Sistema TransMilenio.
 - (iv) RF004-RT: El software desarrollado y las aplicaciones usadas en el ITS No SIRCI deberán asegurar que todas las excepciones y las condiciones de error sean manejadas apropiadamente, para permitir una solución confiable y disponible.
 - (v) RF005-RT: El software desarrollado y las aplicaciones implementadas en el ITS No SIRCI deberán garantizar la liberación de los recursos informáticos en caso de presentarse un error, de manera que el ITS No SIRCI retorne a un estado seguro de funcionamiento.
 - (vi) RF006-RT: El software desarrollado y las aplicaciones usadas en el ITS No SIRCI deberán asegurar que se registre información de errores del sistema y accesos fallidos en los *logs* generados por estas. No obstante, no deberá registrarse información crítica o protegida en los *logs*.
 - (vii) RF007-RT: El software desarrollado y las aplicaciones usadas en el ITS No SIRCI deberán asegurar la habilitación o des-habilitación, a través de esquemas seguros, de la opción de debug, en atención a la detección e identificación de posibles errores.

- (viii) RF008-RT: El ITS No SIRCI deberá asegurar la implementación de segregación de funciones, para permitir el seguimiento de los accesos no autorizados a la información o al uso inadecuado de los privilegios administrativos del ITS No SIRCI.
- (ix) RF009-RT: El ITS No SIRCI deberá asegurar que se transmitan datos de forma segura. No deberán transmitirse datos de forma clara o en texto plano. Lo anterior deberá seguir el Diccionario de Datos, el Documento de Interacciones ITS No SIRCI y los esquemas de seguridad que se establezcan desde el CDEG.
- (x) RF010-RT: El software desarrollado y las aplicaciones usadas en el ITS No SIRCI deberán asegurar que no existan kits de ambientes de desarrollo en los sistemas de archivos y directorios del Ambiente Producción del CDEG.
- (xi) RF011-RT: Los datos generados por el ITS No SIRCI deberán cumplir, como mínimo, con las características de calidad de dato de exactitud, integridad, Actualización, relevancia, coherencia, confiabilidad, presentación apropiada y accesibilidad, en concordancia con la instrumentación electrónica, incluyendo las especificaciones de precisión, exactitud, repetibilidad, sensibilidad y error máximo permitido de la sensórica aportada por el Bus.

Estos datos deberán ser plenamente usables, garantizando el acceso, interpretación y utilización de estos de manera eficiente y efectiva por parte de Transmilenio o de quien este delegue.

Para el cumplimiento de este requisito, la verificación de la calidad de los datos generados por el ITS No SIRCI se realizará mediante mecanismos técnicos definidos, tales como validaciones de exactitud, integridad, Actualización, coherencia y confiabilidad, soportadas en trazas, fichas técnicas, pruebas de campo y contraste de fuentes.

- (xii) RF012-RT: El SITSP deberá contar con una solución tecnológica que tenga interfaz con el Sistema de Gestión de Energía dispuesto en el Anexo 14 del Contrato de Concesión de Provisión, de tal manera que pueda recolectar los datos que este último sistema genere y envíe estos datos al CDEG de Transmilenio, en coherencia con el Diccionario de Datos.
- (xiii) RF013-RT: El Concesionario de Provisión deberá implementar en el ITS No SIRCI mecanismos de seguridad que invaliden automáticamente y rechacen cualquier intento de acceso que utilice un identificador de sesión inválido
- (xiv) RF014-RT: El Concesionario de Provisión deberá asegurar que no sea posible mantener múltiples sesiones abiertas de manera simultánea para un mismo usuario

y que la apertura de una nueva sesión genere automáticamente el cierre de la sesión anterior, en todos los equipos que hagan parte del ITS No SIRCI.

- (xv) RF015-RT: El Concesionario de Provisión deberá asegurar que, una vez cumplido el tiempo de inactividad (*timeout*) definido, la sesión sea cerrada automáticamente.
- (xvi) RF016-RT: De ser requerido por Transmilenio, la data de texto, videos o imágenes almacenados en los dispositivos HWV, HWS y OBC, deberán ser almacenados haciendo uso de mecanismos de encriptación. El Concesionario de Provisión deberá disponer de los recursos necesarios para la respectiva desenscripción.
- (xvii) RF017-RT: El Concesionario de Provisión deberá garantizar la seguridad informática del ITS No SIRCI, en términos de software y/o firmware, asegurando la identificación constante de amenazas que puedan comprometer la seguridad del ITS No SIRCI.

Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá realizar, tanto en la Etapa Preoperativa como en la Etapa de Operación y Mantenimiento, el Mantenimiento de Nivel Avanzado de Software y las actualizaciones necesarias de todo el software y/o firmware requerido, con el fin de mantener bajo control los aspectos de seguridad de la información. En caso de detectarse vulnerabilidades en la seguridad de la información, el Concesionario de Provisión deberá aplicar la Actualización de la que trata el presente requisito funcional de forma inmediata.

- (xviii) RF018-RT: El Bus deberá incorporar puertos USB tipo A y USB tipo C por cada silla, los cuales deberán estar embebidos en las paredes laterales del Bus. El número total de puertos USB deberá corresponder con la cantidad total de sillas del Bus, más un puerto USB adicional por cada siete (7) pasajeros de pie.
 - (A) Los puertos USB destinados para los pasajeros de pie deberán ubicarse en los asideros verticales de la zona del pasillo, distribuidos de manera uniforme a lo largo del Bus, garantizando en todo caso que se mantenga una proporción del cincuenta por ciento (50%) de cada tipo de puerto USB (tipo A y tipo C).
 - (B) Esta obligación incluye la instalación de puertos USB en los puestos especiales, tales como el área destinada a la silla de ruedas ubicado en el área de movilidad reducida, la silla de talla grande, el espacio para cochecito de bebé y la silla del conductor.
 - (C) En la Fase de Ingeniería de Detalle, Transmilenio deberá avalar los dispositivos presentados y su instalación en la Flota, con base en pruebas de funcionalidad, ergonomía y calidad.

- (xix) RF019-RT: Los puertos USB de forma general deben poderse activar o desactivar desde un *switch* central ubicado en la cabina del Bus, todo esto, en aras de ejecutar algunos procesos internos o para procesos de mantenimiento que requieran que estos puertos estén desactivados
- (xx) RF020-RT: Los puertos USB deberán contar con un LED piloto que verifique el estado de encendido y funcionamiento por sillas.
- (xxi) RF021-RT: Cada cuerpo del Bus deberá contar con un testigo lumínico que indique el estado de los puertos USB, de acuerdo con la siguiente codificación: luz verde para puertos habilitados y luz roja para puertos deshabilitados. Este estado deberá articularse también con la información desplegada en la PDI que gestiona el SDL

En la Fase de Ingeniería de Detalle, Transmilenio deberá aprobar, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, los testigos y avisos presentados, así como su posterior instalación en la Flota, con base en pruebas de funcionalidad, calidad y visibilidad realizadas en el Prototipo en Bus.

- (xxii) RF022-RT: El interruptor que habilita el funcionamiento de los puertos USB (tipo A y C) deberá poder ser monitoreado desde el OBC a través del CANBUS, Esta monitorización es parametrizable por parte de Transmilenio y la data a ser transmitida al CDEG será definida en el Diccionario de Datos. En caso de que no sea posible obtener la señal por CANBUS, se deberá implementar un sistema de monitoreo parametrizable que permita el monitoreo del uso de los puertos y las métricas de uso y consumo energético.
- (xxiii) RF023-RT: La ubicación de los puertos USB depende de la tipología y el diseño interno de los espacios del Bus; los puertos USB deberán disponerse a lo largo de todo el Bus en las siguientes ubicaciones principales: (i) en las paredes internas del Bus, próximos a todas las sillas de pasajeros, (ii) en los asideros verticales del Bus, de forma intercalada entre asideros (pasamanos) del costado izquierdo y derecho, (iii) en cada espacio destinado a silla de ruedas, (iv) en el espacio destinado a cochecito de bebé y (v) en la zona del asiento del conductor. En todo caso, las ubicaciones finales deberán ser puestas a consideración de Transmilenio, quien podrá formular modificaciones en la Fase de Ingeniería de Detalle y de Prototipo en Bus del ITS No SIRCI.
- (xxiv) RF024-RT: Los puertos USB deberán estar dimensionados de acuerdo con el número de sillas y pasajeros de pie, de acuerdo con el (xx)RF020-RT. Estos deberán ser tipo A y C, incluida la silla del conductor.

- (xxv) RF025-RT: La ubicación de los puertos USB dependerá de la tipología de los Buses. Transmilenio en la Fase de Ingeniería de Detalle previa a la fabricación de los Buses, deberá aprobar mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, los dispositivos presentados y su instalación posterior en la Flota, con base en pruebas de funcionalidad, ergonomía y calidad.

(b) Requisitos no funcionales

- (i) RNFS001-RT: El Concesionario de Provisión deberá garantizar que la totalidad de los elementos a implementar en el ITS No SIRCI, junto con su respectivo cableado, sean pesados en báscula certificada que cumpla con la norma ISO/IEC 17025, con el fin de estimar el peso de los componentes del ITS No SIRCI y articular dicha información con las normativas aplicables al peso de los Buses eléctricos de gran tamaño.

El pesaje de los equipos del ITS No SIRCI deberá realizarse de manera previa a su instalación e incluir la totalidad de los elementos que conforman dicha solución. Este requerimiento se exigirá por una única vez y tiene como fundamento las restricciones derivadas de los límites de peso bruto vehicular establecidos en las normativas nacionales. El cumplimiento de este requisito deberá efectuarse antes de la revisión del Prototipo en Ambiente Controlado y deberá estar inscrito como actividad dentro del PMI.

- (ii) RNFS002-RT: Todos los elementos del ITS No SIRCI deberán estar debidamente organizados al interior del Bus y no podrán encontrarse al alcance de los usuarios para su manipulación.
- (iii) RNFS003-RT: Para el mantenimiento de los ITS No SIRCI aquí descritos, el Concesionario de Provisión deberá utilizar las áreas de mantenimiento de los Buses en el Patio, o el área que este mismo determine para tal fin, lo cual deberá ser articulado con el Operador Designado por Transmilenio.
- (iv) RNFS004-RT: El escenario de sincronismo del ITS No SIRCI deberá estar articulado al RTC del OBC o, en su defecto, al del HWV.
- (v) RNFS005-RT: Los Buses deberán contar con un canal de comunicaciones con la capacidad suficiente (de ancho de banda y de transferencia) para transmitir y recibir de manera permanente los datos requeridos. El Concesionario de Provisión durante la Etapa Preoperativa, deberá tener los elementos técnicos y de comunicación que se requieran para realizar las pruebas necesarias que permitan validar la comunicación y envío de información al CDEG.

- (vi) RNFS006-RT: El identificador de sesión deberá ser lo suficientemente complejo para cumplir con los requisitos sobre su solidez.
- (vii) RNFS007-RT: El Concesionario de Provisión deberá garantizar que el ITS No SIRCI realice un seguimiento adecuado a las sesiones y gestiones su estado correctamente.
- (viii) RNFS008-RT: El Concesionario de Provisión deberá asegurar que el ITS No SIRCI implemente y ejecute correctamente el procedimiento de invalidación y/o terminación de sesiones.
- (ix) RNFS009-RT: El Concesionario de Provisión deberá entregar, en los términos previstos en la Sección 3 del presente Anexo junto con la documentación de la Fase de Ingeniería de Detalle, el diseño gráfico de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) de la HMI del Conductor. Transmilenio, o quien este designe, será el encargado de revisar dicha entrega y formular, según corresponda, las observaciones para que el Concesionario de Provisión realice los ajustes pertinentes, de conformidad con el procedimiento establecido en la Sección previamente referenciada.
- (x) RNFS010-RT: El Concesionario de Provisión, para la totalidad del ITS No SIRCI, estará obligado a desarrollar y documentar un Plan de Contingencia y Continuidad del Negocio (PCCN). Dicho plan tendrá como objeto establecer las pautas necesarias para afrontar y superar cualquier interrupción del servicio derivada de Eventos, tales como, entre otros, desastres naturales, vandalismo, terrorismo, ciberataques, fallos de hardware y/o software, así como cualquier otro incidente que pueda afectar la operación normal del ITS No SIRCI.

Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá definir las acciones y las estrategias concretas orientadas a (i) la recuperación de los datos, (ii) la restauración de los sistemas críticos, y (iii) la reanudación de operaciones en el menor tiempo posible, con base en los parámetros de *Recovery Point Objective (RPO)* y *Recovery Time Objective (RTO)*, con el fin de garantizar la protección de la integridad de la información (videos y datos de Telemetría) almacenada y procesada en el ITS No SIRCI.

En consideración de lo anterior, el Concesionario de Provisión deberá especificar para el RPO y el RTO lo siguiente:

- (A) El RPO deberá contener las estrategias de copias de seguridad. Estas estrategias deberán asegurar que los datos críticos se respalden con la frecuencia necesaria para dar cumplimiento a los tiempos de retención definidos por Transmilenio para cada sistema o subsistema del ITS No

SIRCI. Asimismo, la estrategia de copias de seguridad deberá documentarse dentro de los procedimientos de recuperación, los cuales deberán ser acordados y evaluados con el Operador Designado por Transmilenio, y posteriormente, aprobados por Transmilenio.

- (B) El RTO deberá indicar el tiempo máximo aceptable para la ejecución de los procedimientos de recuperación y la restauración de los servicios tras un incidente. Dicho tiempo deberá quedar debidamente documentado en los procedimientos de recuperación que el Concesionario de Provisión esté obligado a implementar.
- (xi) RNFS011-RT: El Concesionario de Provisión deberá diseñar y entregar un manual del PCCN al Operador Designado por Transmilenio y/o a quien disponga. Este manual deberá incluir, como mínimo:
 - (A) Una descripción integral del PCCN.
 - (B) El protocolo para realizar al menos una prueba anual de efectividad del PCCN en el ITS No SIRCI.
 - (C) Instrucciones claras para el Operador Designado por Transmilenio sobre la ejecución del PCCN.

Por su parte, Transmilenio realizará auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos para el PCCN. Dichas auditorías evaluarán, como mínimo: (i) la existencia y efectividad del PCCN, (ii) el cumplimiento de los RPO y RTO definidos y, (iii) la capacitación del personal encargado de su implementación y ejecución.

Como resultado de estas auditorías, el Concesionario de Provisión deberá atender oportunamente las observaciones y recomendaciones emitidas por Transmilenio, ajustando y actualizando el PCCN en los términos y plazos que este último determine.

- (xii) RNFS012-RT: Para el despliegue del ITS No SIRCI se deberá contar con el(los) gabinete(s) destinados a la instalación de los equipos. No obstante, los estándares ITS de antivibración aplican directamente a los equipos instalados en su interior, y no a la estructura del gabinete en sí.
- (xiii) RNFS013-RT: El gabinete deberá contar con condiciones adecuadas de sujeción, calidad, ventilación e iluminación para contener los ITS No SIRCI a instalar. Asimismo, deberá incluir canaletas que permitan la correcta disposición de los cables y faciliten las labores de mantenimiento, para asegurar el buen desempeño de

los ITS No SIRCI. Las terminales de las conexiones deberán estar debidamente identificadas.

- (xiv) RNFS014-RT: El Bus deberá contar con un sistema de protección eléctrica independiente para los puertos USB, con el fin de evitar posibles cortocircuitos que puedan comprometer la red eléctrica de dichos dispositivos.
- (xv) RNFS015-RT: El cableado de la red eléctrica que alimenta los puertos USB de recarga deberá estar protegido y no podrá estar expuesto a los usuarios. Este cableado deberá cumplir con las exigencias de la normatividad técnica y de seguridad eléctrica colombiana vigente aplicable a instalaciones eléctricas en Buss, en lo concerniente al calibre, capacidad de transporte de energía y condiciones de instalación, para garantizar la seguridad eléctrica y física de los pasajeros y del Bus.
- (xvi) RNFS016-RT: El Concesionario de Provisión deberá garantizar la seguridad de los puertos USB frente a vandalismo, hurto y otras acciones que puedan afectarlos.
- (xvii) RNFS017-RT: El hardware deberá soportar puertos USB tipo A, versión 2.0y USB tipo C.
- (xviii) RNFS018-RT: Los puertos USB tipo A y tipo C deberán garantizar una corriente mínima de 2000 mA.
- (xix) RNFS019-RT: Los conectores USB deberán operar en un rango de temperatura extendido entre -40 °C y +60 °C.
- (xx) RNFS020-RT: El Concesionario de Provisión deberá instalar, como mínimo, un par de puertos USB (tipo A y tipo C) por cada silla del Bus.
- (xxi) RNFS021-RT: El Concesionario de Provisión deberá aplicar todo lo dispuesto en el presente documento tanto para el Patio El Vínculo como para el Patio de la Calle Sexta, organizando el escenario de implementación del ITS No SIRCI para ambos Patios.

5. GESTIÓN DE FALLAS O ERRORES

5.1 Gestión de fallas o errores del software

- (a) Los fallos o errores en el ITS No SIRCI identificados por parte de Transmilenio, el Concesionario de Provisión y/o el Operador Designado por Transmilenio deberán ser puestos en conocimiento de Transmilenio para su correspondiente gestión.
- (b) Si el fallo o error requiere Mantenimiento Avanzado de software, este será catalogado como Caso, según este se define en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión. En

dicho supuesto, el Concesionario de Provisión deberá hacer todas las actividades que sean necesarias para atenderlo y resolverlo. El Concesionario de Provisión deberá, además:

- (i) Implementar las Actualizaciones críticas y de seguridad: el Concesionario de Provisión deberá implementar, durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión, los parches o Actualizaciones que resulten necesarios para corregir vulnerabilidades críticas o incompatibilidades detectadas en los entornos operativos embarcados, según lo dispuesto en la Sección 5.8 del presente Anexo.
- (ii) Brindar el soporte técnico: el Concesionario de Provisión deberá atender y resolver, de manera oportuna, las solicitudes relacionadas con fallos del software, en los estrictos términos de lo dispuesto en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión y, en lo aplicable, en el presente Anexo.
- (iii) Garantizar la no regresividad funcional: cualquier Actualización de software o firmware realizada por parte del Concesionario de Provisión no podrá reducir las funcionalidades previamente aceptadas ni generar nuevas incompatibilidades, conforme lo dispuesto en el alcance de las Especificaciones Técnicas previstas en el presente Anexo.
- (iv) Aplicar las Actualizaciones preventivas: el Concesionario de Provisión estará obligado a aplicar las Actualizaciones preventivas cuando surjan riesgos tecnológicos identificados por el fabricante, alguna Autoridad Oficial o Transmilenio, incluso en ausencia de fallos manifiestos.

5.2 Garantías

Esta Sección establece las obligaciones que el Concesionario de Provisión deberá cumplir en relación con las Garantías del ITS No SIRCI, de conformidad con lo previsto en el Contrato de Concesión Provisión, en el presente Anexo y, en lo que resulte aplicable, en el Anexo 13.

(a) Generalidades

- (i) Todos los componentes que integren el ITS No SIRCI de cada Lote de Flota, deberán contar con una Garantía mínima de dos (2) años, contados a partir de la fecha de suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota por cada Lote de Flota.
- (ii) El Concesionario de Provisión, estará obligado a entregar a Transmilenio en el PMI, un certificado de Garantía de todos los equipos suministrados en ejecución del Contrato de Concesión de Provisión, en los términos previstos en la presente Sección, que incluya, como mínimo, la siguiente información:
 - (A) La identificación detallada de los equipos garantizados, incluyendo marca, modelo y número de serie.

- (B) Las especificaciones de versiones mínimas garantizadas de firmware y software.
- (C) La indicación de la fecha de inicio y de vencimiento de la Garantía.
- (D) La firma del representante autorizado del proveedor y/o fabricante.
- (E) La descripción de la cobertura y condiciones de la Garantía.
- (F) La definición de los mecanismos para la atención de las Garantías.

(b) Garantía sobre el hardware

El Concesionario de Provisión estará obligado a garantizar que todos los elementos de hardware que integren el ITS No SIRCI, incluyendo, sin limitación, cámaras, dispositivos computarizados, dispositivos de red, elementos de computación embebida, dispositivos de procesamiento y cualquier otro componente del ITS No SIRCI, cuenten con una Garantía en los términos previstos en la presente Sección.

- (i) Cobertura de la Garantía: el Concesionario de Provisión deberá asegurar que la Garantía cubra, como mínimo, los siguientes aspectos:

- (A) Los defectos de fabricación.
- (B) Los fallos de software que permitan el funcionamiento de los elementos de hardware.
- (C) Los errores de compatibilidad con los sistemas del Bus.
- (D) Los deterioros prematuros de los componentes.
- (E) La vigencia de la Garantía en los términos previstos en esta Sección.

- (ii) Exclusiones: quedarán expresamente excluidos de la Garantía los daños causados por accidentes, vandalismo y hurtos. Además, quedarán excluidos de la Garantía los daños ocasionados por los procedimientos inadecuados de Mantenimiento, condiciones inadecuadas de operación, uso inadecuado en general, malas manipulaciones del personal propio del Operador Designado por Transmilenio, y la no ejecución o la ejecución inadecuada del alcance y de las actividades de Mantenimiento contenidas en el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.

- (iii) Reemplazo de los dispositivos: en caso de que cualquier dispositivo de hardware falle antes de finalizar el período de Garantía de dos (2) años, será responsabilidad exclusiva del Concesionario de Provisión efectuar el reemplazo inmediato del o los dispositivos afectados. Para este propósito, deberá utilizar el stock de repuestos previsto en la Sección 5.3 del presente Anexo
- (iv) Garantía sobre la no regresividad funcional: cuando el Concesionario de Provisión deba hacer efectivas las Garantías de las que trata la presente Sección, durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión, no podrá reducir las funcionalidades previamente aceptadas ni generar incompatibilidades, conforme lo dispuesto en el alcance de las Especificaciones Técnicas previstas en el presente Anexo.

(c) Garantía sobre el software y/o firmware:

El Concesionario de Provisión estará obligado a garantizar el correcto funcionamiento del software y/o firmware del ITS No SIRCI, de conformidad con los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en el presente Anexo.

- (i) Alcance de la Garantía: la Garantía dispuesta por el Concesionario de Provisión deberá incluir, como mínimo, lo siguiente:
 - (A) Los defectos de fabricación.
 - (B) La estabilidad y operación continua: el software deberá operar de manera estable, sin fallos críticos, pérdidas de datos, reinicios inesperados ni errores de funcionamiento que afecten la operación del ITS No SIRCI en condiciones normales.
 - (C) Corrección de errores: el Concesionario de Provisión deberá corregir, por su cuenta y riesgo, todos los errores de software que afecten la funcionalidad, incluyendo aquellos identificados por Transmilenio o por el Operador Designado por Transmilenio, siempre que guarden coherencia con el alcance inicial de los requisitos funcionales y no funcionales previstos en este Anexo 3 para el ITS No SIRCI.
 - (D) El Mantenimiento de compatibilidad e Interoperabilidad: el software deberá mantener compatibilidad con los sistemas y subsistemas integrados (CANBUS, Cámaras IP, pantallas, unidades de procesamiento embarcadas y cualquier otro componente del ITS No SIRCI descrito en el presente Anexo).

- (E) Los errores que se generen con ocasión a la ejecución de un Mantenimiento de Nivel Avanzado de Software por parte del Concesionario de Provisión.

5.3 *Stock* de repuestos

(a) Obligaciones del Concesionario de Provisión

- (i) El Concesionario de Provisión deberá constituir y mantener un *stock* de repuestos equivalente, como mínimo, al dos por ciento (2%) del total de dispositivos ITS No SIRCI instalados en cada Lote de Flota de este Contrato de Concesión de Provisión.
- (ii) La entrega del *stock* de repuestos al Operador Designado por Transmilenio se efectuará a más tardar a los treinta (30) Días de la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota correspondiente, mediante la suscripción del acta de entrega prevista en la Sección 5.3(a)(v) siguiente. Las entregas adicionales derivadas del recálculo del umbral mínimo del *stock* de repuestos se efectuarán en los mismos términos.
- (iii) El *stock* de repuestos deberá estar destinado de manera exclusiva a la atención de las obligaciones derivadas del presente Anexo.
- (iv) El porcentaje indicado previamente constituye un umbral técnico mínimo obligatorio que garantiza la capacidad de respuesta inmediata ante fallas iniciales y eventualidades operativas. Sin perjuicio de lo anterior, el Concesionario de Provisión deberá evaluar de manera permanente la suficiencia del *stock* de repuestos y ajustar su dimensionamiento con fundamento en los siguientes criterios:
 - (A) El *stock* de repuestos deberá mantenerse alineado con los valores de MTBF establecidos en la Sección 5.5 del presente Anexo, para cada dispositivo del ITS No SIRCI.
 - (B) La criticidad funcional de los componentes del ITS No SIRCI. En caso de que las tasas de fallo estimadas indiquen una necesidad superior de repuestos al umbral mínimo establecido del dos por ciento (2%), el Concesionario de Provisión deberá ajustar el dimensionamiento del *stock* de repuestos, de manera que se dé cumplimiento cabal a las obligaciones relacionadas con los dispositivos del ITS No SIRCI. En ningún caso el ajuste podrá reducir el *stock* de repuestos por debajo del umbral mínimo del 2% establecido.
 - (C) La obligación de mantener un *stock* de repuestos es de carácter permanente. El Concesionario de Provisión deberá garantizar la disponibilidad, la suficiencia, el uso adecuado y la trazabilidad del *stock* de repuestos.

- (v) La entrega del *stock* de repuestos al Operador Designado por Transmilenio prevista en la presente Sección 5.3(a)(ii) se efectuará bajo un régimen de tenencia material y administración con obligación de custodia. La entrega se sujetará, como mínimo, a las siguientes condiciones:
 - (A) La entrega se formalizará mediante acta de entrega del *stock* de repuestos que incluya, como mínimo, un inventario detallando la identificación, cantidad, estado, fecha de fabricación y vencimiento de la Garantía, y las Especificaciones Técnicas de cada repuesto, conforme las establecidas en el presente Anexo.
 - (B) La entrega de los equipos no transfiere ni tiene por efectos transferir la propiedad de los repuestos al Operador Designado por Transmilenio.
 - (C) Deberá garantizar que todos los repuestos que entregue al Operador Designado por Transmilenio se encuentren en condiciones óptimas de funcionamiento al momento de su entrega, conforme las Especificaciones Técnicas establecidas en el presente Anexo.
- (vi) El *stock* de repuestos será verificado por parte del equipo de Transmilenio o por quien este designe cada seis (6) Meses desde la constitución del *stock* de repuestos por parte del Concesionario de Provisión, de conformidad con los procedimientos que para el efecto defina Transmilenio, con base en el informe de inventario semestral que entregará el Concesionario de Provisión, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión. El informe deberá ser coherente con la cantidad de dispositivos instalados en la Flota y con las condiciones de confiabilidad previstas en los MTBF. La información asociada al *stock* de repuestos deberá ser completa, consistente y verificable por Transmilenio en cualquier momento.
- (vii) En caso de que el informe presente inconsistencias o no refleje las condiciones reales del *stock* de repuestos, el Concesionario de Provisión deberá presentar el informe corregido dentro del plazo que para tal efecto defina Transmilenio.
- (viii) La constitución inicial del *stock* de repuestos se efectuará exclusivamente con unidades nuevas. Las reposiciones posteriores del *stock* de repuestos se podrán efectuar con unidades nuevas o, alternativamente, con unidades del propio ITS No SIRCI que habiendo sido reparadas o reacondicionadas cumplan con las Especificaciones Técnicas, las condiciones de calidad y los requisitos de mantenibilidad previstos en el presente Anexo 3. Los equipos ITS No SIRCI que

hayan fallado más de dos (2) veces en un mismo Mes no podrán ser incorporados al *stock* de repuestos y deberán ser retirados de la operación del Sistema TransMilenio.

- (ix) Cuando la referencia original de un repuesto se encuentre descontinuada o no esté disponible en el mercado, el Concesionario de Provisión podrá reemplazarla con una referencia equivalente o superior, conforme al procedimiento previsto en la Sección 5.4(e) del presente Anexo.

(b) Plan de trabajo y procedimiento ante insuficiencia del *stock* de repuestos:

En caso de que el Concesionario de Provisión no cuente en su *stock* de repuestos con el o los equipos del ITS No SIRCI necesarios para atender el reemplazo requerido, deberá presentar a Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión, en un plazo no superior a cinco (5) Días contados a partir de la Notificación de Transmilenio, un plan de trabajo detallado que incluya, como mínimo, lo siguiente:

- (i) Las acciones de compra.
- (ii) Los plazos de adquisición, legalización y entrega en Colombia.
- (iii) Las fechas programadas de instalación y puesta en operación de los dispositivos en los Buses.
- (iv) Las medidas de contingencia temporales que el Concesionario de Provisión adoptará para mitigar el impacto sobre la operación de los Buses afectados mientras se realiza la entrega e instalación definitiva del repuesto o dispositivo, siempre que dichas medidas no comprometan la seguridad de los Buses ni la prestación del servicio.
- (v) Transmilenio evaluará el plan de trabajo presentado por el Concesionario de Provisión y podrá, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, aprobarlo, solicitar ajustes o rechazarlo. En caso de solicitud de ajustes o rechazo, el Concesionario de Provisión deberá presentar nuevamente el plan de trabajo corregido hasta obtener la Notificación de no objeción por parte de Transmilenio.

5.4 Reemplazo del ITS No SIRCI

- (a) El Concesionario de Provisión deberá reemplazar los equipos ITS No SIRCI durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión, bien sea para su instalación operativa en el Bus o para la reposición del *stock* de repuestos cuando este haya sido consumido, de conformidad con las siguientes reglas:
 - (i) Cuando se presente una falla o error en un equipo del ITS No SIRCI y esta no obedezca a las causas excluidas de la Garantía conforme a la Sección 5.2(b)(ii) del

presente Anexo, el Concesionario de Provisión deberá realizar la gestión de las Garantías con los fabricantes y/o el Integrador Tecnológico. Sin perjuicio de dicha gestión, el Concesionario de Provisión podrá efectuar el reemplazo del equipo adquiriendo el equipo de reemplazo de cualquier fuente disponible en el mercado.

- (ii) Cuando no sea necesario hacer efectivas las Garantías, el Concesionario de Provisión deberá efectuar el reemplazo del equipo.
- (iii) Sin perjuicio de lo anterior, el equipo del ITS No SIRCI deberá ser retirado de manera definitiva del Sistema TransMilenio en cualquiera de los siguientes eventos:
 - (A) Si el mismo dispositivo reincide en la misma falla o error dentro de los treinta (30) Días siguientes al cierre del incidente anterior en el CMMS, caso en el cual se entenderá que el equipo no cumple con los criterios mínimos de confiabilidad establecidos en el presente Anexo.
 - (B) Cuando el equipo no pueda ser restituido a condiciones normales de operación mediante una primera intervención de Mantenimiento Correctivo.
 - (C) Cuando la falla resulte irreparable.
 - (D) En los casos previstos en la Sección 5.5 del presente Anexo sobre desviación masiva del MTBF, en los términos allí regulados.
- (b) En todos los casos previstos en la presente Sección, el Concesionario de Provisión deberá reemplazar el equipo del ITS No SIRCI por uno nuevo de características y Especificaciones Técnicas iguales o superiores a las requeridas en los términos del presente Anexo, incluyendo la Garantía conforme lo dispuesto en la Sección 5.2.
- (c) Todos los reemplazos ejecutados deberán ser registrados de manera clara e individualizada en el CMMS. Transmilenio o quien este designe podrá validar en cualquier momento la información registrada en el CMMS.
- (d) El costo de los reemplazos del ITS No SIRCI será asumido por el Concesionario de Provisión, salvo que se acredite que la falla es atribuible al Operador Designado por Transmilenio por incumplimiento de cualquiera de sus obligaciones conforme al Contrato

de Concesión de Operación, al Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI y al Anexo 3A del Contrato de Concesión de Operación.⁶

- (e) Cuando el Concesionario de Provisión requiera efectuar el reemplazo de un dispositivo y no le sea posible obtener en el mercado la referencia original del equipo, deberá evaluar y determinar la alternativa técnica más adecuada conforme con la arquitectura del ITS No SIRCI dispuesta en el presente Anexo, siguiendo el procedimiento que se indica a continuación:
 - (i) El Concesionario de Provisión deberá evaluar las opciones de equipos alternativos disponibles en el mercado que cumplan con las Especificaciones Técnicas establecidas en el presente Anexo.
 - (ii) El Concesionario de Provisión, con base en esta evaluación deberá presentar a Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, y al Operador Designado por Transmilenio un informe técnico que contenga, como mínimo: (1) la justificación de la imposibilidad de obtener la referencia original; (2) las opciones de equipos alternativos evaluadas; (3) la recomendación técnica del Concesionario de Provisión a Transmilenio y al Operador Designado por Transmilenio; (4) los ajustes necesarios en la arquitectura del ITS No SIRCI; y (5) la validación del cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales que pudieran verse impactados por el cambio. Este informe deberá ser presentado dentro de un término no mayor a treinta (30) Días, contados a partir de la fecha en que el Concesionario de Provisión identifique la imposibilidad de obtener en el mercado la referencia original.
 - (iii) Una vez surtido lo anterior, corresponderá a Transmilenio aprobar, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, el reemplazo del dispositivo en la arquitectura para su utilización en el ITS No SIRCI.
 - (iv) En caso de rechazo, Transmilenio indicará las razones técnicas y otorgará al Concesionario de Provisión un plazo adicional para presentar una nueva propuesta.
 - (v) Una vez aprobada la propuesta por Transmilenio, y en caso de que se presenten cambios relevantes en el hardware, firmware, modelo o versión de cualquier dispositivo del ITS No SIRCI, el Concesionario de Provisión estará obligado a actualizar: (A) el inventario del ITS No SIRCI, (B) el PMI, en virtud de lo

⁶ Transmilenio y el Concesionario de Provisión entienden y reconocen que el Anexo 3A del Contrato de Concesión de Operación no hace parte del Contrato de Concesión de Provisión, sino únicamente del Contrato de Concesión de Operación.

establecido en la Sección 3 del presente Anexo, y (C) el plan de reemplazo o de implementación del cambio, conforme a la metodología en V.

- (vi) En caso de ser necesario, el Concesionario de Provisión deberá coordinar con el Operador designado por Transmilenio el cronograma que contenga las actividades relacionadas con la correcta instalación y puesta en operación de la nueva referencia del ITS No SIRCI, según aplique.
- (f) Desde la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota por cada Lote de Flota, el equipo retirado del Bus en el marco de un reemplazo será entregado al Concesionario de Provisión, cuando corresponda, en su calidad de propietario del equipo, conforme al procedimiento previsto en el Acuerdo Entre Privados, para efectos de (1) la gestión de la Garantía, (2) la ejecución del Mantenimiento en los casos que le sean aplicables, (3) el aprovechamiento, reciclaje o reúso de componentes a través de gestores ambientales autorizados, o (4) la disposición final, a través de gestores ambientales autorizados, según corresponda.
- (g) Desde la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota por cada Lote de Flota, el reemplazo de dispositivos deberá efectuarse conforme el procedimiento establecido en el Acuerdo Entre Privados.

5.5 El MTBF

(a) Obligaciones del Concesionario de Provisión

- (i) El Concesionario de Provisión tendrá la obligación de certificar a través de un laboratorio certificado los valores mínimos de MTBF de los equipos del ITS No SIRCI.
- (ii) El Concesionario de Provisión se obliga a garantizar que todos los dispositivos de hardware que integren el ITS No SIRCI cuenten con un MTBF acorde con los niveles de confiabilidad exigidos para la operación continua del ITS No SIRCI, definidos con base en las especificaciones técnicas del fabricante. Lo anterior se entiende como un parámetro de referencia técnica y no constituye, en ningún caso, una extensión de la Garantía.
- (iii) En virtud de lo anterior, el Concesionario de Provisión estará obligado a considerar y aplicar el MTBF como un insumo esencial para la gestión integral del ITS No SIRCI, particularmente con: (A) la selección inicial de los equipos que conformen el ITS No SIRCI, (B) la planeación y programación de las actividades de Mantenimiento de Nivel Básico, Mantenimiento de Nivel Intermedio y Mantenimiento de Nivel Avanzado, y (C) la adopción de decisiones relacionadas

con los reemplazos durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.

- (iv) Desviaciones en el MTBF: Cuando, durante la Etapa de Operación y Mantenimiento, se identifique mediante la metodología de medición del MTBF definida por el Concesionario de Provisión en el PMI que existe una desviación estadísticamente significativa superior al quince por ciento (15%) respecto del MTBF establecido por el laboratorio certificado para la referencia aprobada por Transmilenio, el Concesionario de Provisión estará obligado a reemplazar la totalidad de los equipos correspondientes a esa referencia. Para efectos de lo anterior, el Concesionario de Provisión estará obligado a considerar lo siguiente:
 - (A) Los equipos de reemplazo deberán contar mínimo con las mismas Especificaciones Técnicas o superiores.
 - (B) Los equipos de reemplazo deberán acreditar un MTBF igual o superior al aprobado previamente por Transmilenio.
 - (C) La obligación prevista en esta Sección será exigible incluso cuando haya finalizado el período de Garantía de los equipos en cuestión.
 - (D) La obligación de reemplazo aquí prevista se activa única y exclusivamente cuando la desviación descrita en la presente Sección se verifique respecto de la totalidad de los equipos de una misma referencia. Las fallas individuales de equipos ITS No SIRCI no generan obligación de reemplazo por criterio de desviación del MTBF.
- (v) El Concesionario de Provisión deberá coordinar con el Operador Designado por Transmilenio el cronograma de reemplazo masivo de los dispositivos, sin afectar la prestación del servicio de transporte público de pasajeros.

(b) Actualización del MTBF

En caso de que, durante el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión se presenten cambios relevantes en el MTBF, incluido, pero sin limitarse al reemplazo de los equipos del ITS No SIRCI como consecuencia de las desviaciones previstas en la presente Sección 5.5(a)(iv), el Concesionario de Provisión estará obligado a actualizar: (i) la documentación técnica asociada al MTBF, (ii) el inventario del ITS No SIRCI, (iii) el PMI, en virtud de lo establecido en la Sección 3 del presente Anexo, y (iv) el plan de reemplazo o de implementación del cambio, conforme a la metodología en V. Como consecuencia de lo anterior, el Concesionario de Provisión deberá seguir el siguiente procedimiento:

- (i) Presentar a Transmilenio, mediante Notificación, en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, toda la documentación descrita en la presente Sección, como condición previa para la implementación del cambio en la Flota.
- (ii) La validación técnica de la documentación previamente descrita estará sujeta a la revisión y no objeción de Transmilenio, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión.
- (iii) En caso de que Transmilenio objete la documentación o el plan de reemplazo presentados, lo comunicará al Concesionario de Provisión mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión. El Concesionario de Provisión deberá presentar nuevamente la documentación corregida hasta obtener la Notificación de no objeción por parte de Transmilenio. Ningún dispositivo podrá ser instalado ni puesto en operación dentro del ITS No SIRCI sin contar previamente con la Notificación de no objeción de Transmilenio, en virtud del Contrato de Concesión de Provisión.
- (iv) El Concesionario de Provisión deberá coordinar el cronograma y las actividades necesarias para efectuar la implementación del cambio en los equipos de la Flota, con el Operador Designado por Transmilenio.

5.6 Mantenimientos

La presente Sección establece las disposiciones aplicables al Mantenimiento del ITS No SIRCI, con el propósito de garantizar la continuidad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos y sistemas del ITS No SIRCI durante toda la ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.

Las actividades de Mantenimiento aquí descritas buscan prevenir, atender y corregir las posibles fallas o errores que puedan afectar el desempeño del ITS No SIRCI, así como asegurar la trazabilidad de las intervenciones, la optimización de los recursos y la adecuada gestión de las Garantías de las que trata la Sección 5.2 del presente Anexo, para lo cual se definen los niveles, alcances y responsabilidades del Concesionario de Provisión.

De igual manera, se diferencian los escenarios de Mantenimiento según las Etapas del Contrato de Concesión de Provisión, con el fin de delimitar claramente el alcance y las obligaciones a cargo del Concesionario de Provisión.

(a) Obligaciones del Concesionario de Provisión por Etapas y Niveles de Mantenimiento

El Concesionario de Provisión deberá realizar las siguientes actividades:

- (i) Etapa Preoperativa: el Concesionario de Provisión será el único responsable de ejecutar en su totalidad las actividades de Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo, tanto de hardware como de software en los Niveles *Básico, Intermedio y Avanzado*.
- (ii) Etapa de Operación y Mantenimiento – Período de Estabilización con la Garantía de equipos vigentes. Durante esta Etapa el Concesionario de Provisión deberá:
 - (A) En los Niveles de Mantenimiento tanto *Básico* como *Intermedio*, el Concesionario de Provisión prestará labores de apoyo técnico tanto para el hardware como para el software al Operador Designado por Transmilenio en los términos de lo establecido en la Sección 5.7(b)(ii)(D) del presente Anexo, para que este ejecute los Mantenimientos de conformidad con las directrices técnicas y operacionales de los sistemas y subsistemas del ITS No SIRCI previstas en el Manual de Mantenimiento de los ITS No SIRCI.
 - (B) En el Nivel de Mantenimiento Avanzado, el Concesionario de Provisión asumirá los Mantenimientos de software, así como el apoyo técnico para los Mantenimientos de hardware, en los términos de lo establecido en la Sección 5.7(b)(ii)(D) del presente Anexo.
 - (C) Adicionalmente, será el responsable de la gestión de las Garantías para todos los Niveles de Mantenimiento en los términos de la Sección 5.2 del presente Anexo.
- (iii) Etapa de Operación y Mantenimiento – Periodo de Operación en Ambiente de Producción del CDEG con la Garantía de equipos vigente:
 - (A) El Concesionario de Provisión será responsable de la gestión de las Garantías del ITS No SIRCI para todos los Niveles de Mantenimiento *Básico, Intermedio y Avanzado* de software y hardware, en virtud de lo dispuesto en la Sección 5.2 del presente Anexo.
 - (B) Sin perjuicio de lo anterior, en el Nivel de Mantenimiento Avanzado de software, el Concesionario de Provisión será el único responsable de ejecutar la totalidad de los Mantenimientos.
- (iv) Para efectos de ejecutar los Mantenimientos de los que trata la presente Sección, el Concesionario de Provisión deberá gestionar y atender las fallas o errores reportados por el Operador Designado por Transmilenio en el CMMS, dispuesto y administrado por este último o interoperar el Sistema de Tickets con el CMMS para que se sincronice la gestión de los Mantenimientos.

- (v) Suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota del Lote de Flota No. 1
 - (A) Sin perjuicio de lo establecido en la presente Sección 5.6(a)(ii) y 5.6(a)(iii), el régimen de Mantenimiento se aplica a los equipos de cada Lote de Flota desde la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota correspondiente, con independencia de la fecha de suscripción del Acta de Inicio de la Etapa de Operación y Mantenimiento. Hasta tanto se suscriba el Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota de cada Lote de Flota respectiva, los equipos del Lote correspondiente permanecerán sujetos al régimen de la Etapa Preoperativa previsto en la presente Sección 5.6(a)(i).
- (vi) Para todos los efectos del presente Anexo, la ejecución de las actividades de Mantenimiento Avanzado de software estará a cargo del Concesionario de Provisión durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.
- (vii) Las demás actividades de Mantenimiento estarán a cargo del Operador Designado por Transmilenio, en los términos del presente Anexo, el Anexo 3A del Contrato de Concesión de Operación⁷ y del Acuerdo Entre Privados. Lo anterior, sin perjuicio de las obligaciones de apoyo del Concesionario de Provisión en los términos de la Sección 5.7(b)(ii)(D) y aquellas relacionadas con los Mantenimientos o reemplazos a que haya lugar.
- (viii) En caso de que el Concesionario de Provisión no haya incorporado la actividad de Mantenimiento aplicable, o la haya incorporado de manera incorrecta, este será el único responsable de su ejecución, en los términos de lo establecido en la Sección 5.7 del presente Anexo.

⁷ Transmilenio y el Concesionario de Provisión entienden y reconocen que el Anexo 3A del Contrato de Concesión de Operación no hace parte del Contrato de Concesión de Provisión, sino únicamente del Contrato de Concesión de Operación.

Concesionarios y Niveles de Mantenimiento	Etapa Preoperativa		Etapa de Operación y Mantenimiento (Periodo de Estabilización y Garantía de equipos vigentes)		Etapa de Operación y Mantenimiento (Periodo de operación en Ambiente de Producción del CDEG y Garantía de equipos vigentes)	
Concesionario de Provisión	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo
Mantenimiento Nivel Básico	HW y SW	HW y SW	Apoyo de HW y SW + Garantía	Apoyo de HW y SW + Garantía	Garantía	Garantía
Mantenimiento Nivel Intermedio	HW y SW	HW y SW	Apoyo HW y SW + Garantía	Apoyo HW y SW + Garantía	Garantía	Garantía
Mantenimiento Nivel Avanzado	HW y SW	HW y SW	SW + apoyo en HW + Garantía	SW + apoyo en HW + Garantía	SW + Garantía	SW + Garantía
Operador Designado por Transmilenio	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo
Mantenimiento Nivel Básico	No aplica	No aplica	HW y SW + Garantía a través del Concesionario de Provisión.		HW y SW + Garantía a través del Concesionario de Provisión.	

Concesionarios y Niveles de Mantenimiento	Etapa Preoperativa		Etapa de Operación y Mantenimiento (Periodo de Estabilización y Garantía de equipos vigentes)		Etapa de Operación y Mantenimiento (Periodo de operación en Ambiente de Producción del CDEG y Garantía de equipos vigentes)	
Mantenimiento Nivel Intermedio	No aplica	No aplica	HW y SW + Garantía a través del Concesionario de Provisión.		HW y SW + Garantía a través del Concesionario de Provisión.	
Mantenimiento Nivel Avanzado	No aplica	No aplica	HW	HW	HW	HW
Tabla 6. Obligaciones sobre los Niveles de Mantenimiento Fuente: Elaboración propia de Transmilenio					HW: Hardware SW: Software	

(b) Niveles de Mantenimiento:

Con el objetivo de cumplir con las obligaciones de las que trata la presente Sección, el Concesionario de Provisión deberá contemplar los siguientes Niveles de Mantenimiento:

- (i) Mantenimiento de Nivel Básico: comprende las actividades rutinarias y de primer nivel, aplicables tanto para el Mantenimiento Preventivo como para el Mantenimiento Correctivo. En este nivel se incluyen, de manera enunciativa y no limitativa, los siguientes elementos:
 - (A) Las inspecciones visuales, reinicios controlados, verificaciones de conectividad básica o validación de estados operacionales de los dispositivos del ITS No SIRCI.
 - (B) La aplicación de parches menores liberados oficialmente por el Concesionario de Provisión, siguiendo los procedimientos que este establezca.
 - (C) La modificación de parámetros de configuración de software mediante interfaces de usuario o consolas administrativas.
 - (D) La restauración de configuraciones a partir de respaldos previamente suministrados.

- (E) La corrección de errores menores de presentación o interacción que no afecten la lógica del negocio ni la comunicación del ITS No SIRCI.
 - (F) La ejecución de operaciones básicas de respaldo de información.
 - (G) Cualquier otra actividad que el Concesionario de Provisión defina de manera complementaria en el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.
 - (H) Para la ejecución de las actividades previamente descritas, el Concesionario de Provisión deberá entregar al Operador Designado por Transmilenio el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI previsto en la Sección 5.7 del presente Anexo. Adicionalmente, estará obligado a ampliar o ajustar el alcance de dichas actividades conforme a las actualizaciones del Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI reguladas en la Sección 5.7, con el fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales del ITS No SIRCI.
- (ii) Mantenimiento de Nivel Intermedio: comprende las intervenciones técnicas de mediana complejidad, tales como la instalación de Actualizaciones del sistema operativo, aplicación de parches de seguridad o configuraciones avanzadas bajo lineamientos previamente definidos.
- En este nivel se incluyen, de manera enunciativa y no limitativa, los siguientes elementos:
- (A) La integración y configuración de nuevos dispositivos compatibles que no requieran cambios de programación.
 - (B) El ajuste de parámetros de operación avanzada definidos en el ITS No SIRCI.
 - (C) La reconfiguración de protocolos de comunicación dentro de los parámetros establecidos en el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.
- (iii) Mantenimiento de Nivel Avanzado: comprende las actividades de alta complejidad asociadas a la modificación o Actualización de componentes internos de hardware y de software que requieran conocimiento de la arquitectura, el código fuente u otros elementos críticos, o que impliquen cambios puntuales destinados a articular el ITS No SIRCI con los requisitos funcionales y no funcionales previstos en el presente Anexo 3.

El Concesionario de Provisión, para la ejecución de este Nivel de Mantenimiento, deberá contar con el apoyo que sea necesario por parte del Operador Designado por Transmilenio, hasta tanto el error o falla sea solucionado en su totalidad.

- (A) Mantenimiento de Nivel Avanzado de Hardware: comprenderá todas aquellas actividades que impliquen la adquisición, suministro, sustitución, adecuación o Actualización de equipos y componentes críticos del ITS No SIRCI instalados en los Buses o en los sistemas que correspondan.

Se incluyen dentro de este Mantenimiento, de manera enunciativa y no limitativa, las siguientes actividades: (1) el suministro y reemplazo de elementos tecnológicos del ITS No SIRCI tales como servidores, *gateways*, *reuters*, *switches*, cámaras, sensores y demás equipos electrónicos que formen parte integral del sistema, que no estén contemplados en el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI, (2) la sustitución de componentes de hardware que presenten fallas o errores irreparables o pérdida de vida útil, que no estén contemplados en el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI, (3) la instalación y adecuación de repuestos o módulos especializados que no puedan ser atendidos mediante el Mantenimiento de Nivel Básico o el Mantenimiento de Nivel Intermedio, (4) el reacondicionamiento o ajuste técnico de equipos que requieran procedimientos especializados para restablecer su operatividad, y (5) la configuración avanzada, pruebas y calibración de dispositivos posteriores a su instalación o sustitución.

En virtud de esta obligación, el Concesionario de Provisión deberá garantizar la adquisición y suministro oportuno de los dispositivos, repuestos y equipos requeridos para el ITS No SIRCI, así como asegurar su correcta instalación, configuración y puesta en funcionamiento. El Concesionario de Provisión deberá realizar todo lo anterior asegurando, en todo momento, la continuidad, seguridad y confiabilidad de la operación de la Flota y sus aditamentos tecnológicos.

- (B) Mantenimiento de Nivel Avanzado de Software: comprenderá todas aquellas intervenciones complejas que requieren conocimiento profundo de la arquitectura del ITS No SIRCI, acceso al código fuente o manipulación de configuraciones críticas que puedan comprometer la estabilidad del ITS No SIRCI. Esto incluye la depuración de fallas o errores estructurales, rediseños parciales del software o ajustes sobre los sistemas contenerizados

embarcados, enmarcados en los requisitos funcionales y no funcionales de cada sistema o subsistema previsto en el presente Anexo.

Dentro de este nivel se incluyen, entre otras, las siguientes actividades: (1) la corrección de errores de software o firmware que afecten la operación del sistema o el cumplimiento de requisitos funcionales o no funcionales del presente Anexo, (2) la Actualización, desarrollo o ajuste de librerías, *frameworks* o componentes de software de terceros utilizados en el ITS No SIRCI, (3) la corrección de errores en protocolos o tramas de datos utilizadas para la comunicación entre dispositivos o con el CDEG, (4) la migración de versiones mayores de software, firmware o bases de datos, (5) la implementación de parches de seguridad ante vulnerabilidades críticas que impliquen reprogramación o cambio estructural, (6) cualquier otra actividad que requiera conocimientos avanzados de programación, ingeniería de software o arquitectura de sistemas, incluso aquellas derivadas de desconfiguraciones o modificaciones realizadas por el Operador Designado por Transmilenio, (7) la Actualización de versiones de software cuando impliquen cambios de arquitectura o funcionalidades mayores, y (8) la aplicación de actualizaciones de firmware supervisadas.

5.7 Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI

- (a) El Concesionario de Provisión tendrá la obligación de realizar un Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI conforme lo dispuesto en la presente Sección en el que deberá identificar de manera clara la totalidad de las actividades de Mantenimiento que, en virtud de lo dispuesto en este Anexo, estarán a cargo del Operador Designado por Transmilenio. De no hacerlo, o de hacerlo de manera incorrecta, el Concesionario de Provisión será el único responsable de ejecutar las actividades no previstas en el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI, que debieron estar a cargo del Operador Designado por Transmilenio, incluyendo el reemplazo del que trata la Sección 5.4, sin perjuicio de lo establecido en la Sección 5.6 del presente Anexo.
- (b) Al momento de elaborar el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI, el Concesionario de Provisión deberá considerar las indicaciones técnicas de los fabricantes del ITS No SIRCI, y garantizar que todas las acciones de Mantenimiento, tanto lógicas como físicas, aseguren la operatividad, la seguridad, la integridad de la información y la sostenibilidad del ITS No SIRCI durante el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión.
 - (i) Actualizaciones sobre el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI

Sin perjuicio de lo establecido en el Contrato de Concesión de Provisión, el Concesionario de Provisión deberá realizar los siguientes tipos de actualizaciones:

- (A) Actualización ordinaria: el Concesionario de Provisión tendrá la obligación de actualizar, de manera integral, el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI con una periodicidad no superior a doce (12) Meses. Para tal fin, el Concesionario de Provisión deberá asegurar que su contenido se limite y se ajuste estrictamente a los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en el presente Anexo.

En consideración de lo anterior, la vigencia y validez del referido Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI estarán condicionadas a la Notificación de no objeción de Transmilenio, quien será el encargado de ejercer la verificación correspondiente, cada vez que se realicen actualizaciones a este Manual de Mantenimiento, respecto del cumplimiento de los lineamientos técnicos y obligaciones aquí previstas para el Concesionario de Provisión.

- (B) Actualización extraordinaria: en adición a la Actualización ordinaria, el Concesionario de Provisión podrá efectuar actualizaciones extraordinarias al Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI. En todo caso, el Concesionario de Provisión deberá realizar las actualizaciones extraordinarias en aquellos casos en que se presenten modificaciones tecnológicas sustanciales en el ITS No SIRCI, o condiciones operativas que afecten la seguridad, la continuidad o la calidad del servicio de transporte masivo de pasajeros.

Dichas actualizaciones deberán ser sometidas a la Notificación previa de no objeción en los términos del Contrato de Concesión de Provisión de Transmilenio, en los mismos términos previstos para la Actualización ordinaria, conforme lo dispuesto en la presente Sección.

- (C) En caso de que Transmilenio objete la actualización, lo comunicará al Concesionario de Provisión mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, indicando las razones de la objeción. El Concesionario de Provisión deberá presentar nuevamente la actualización corregida hasta obtener la Notificación de no objeción por parte de Transmilenio.
- (D) Hasta tanto Transmilenio apruebe una nueva versión del Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI, continuará vigente la última versión aprobada, sin que la tramitación de cualquier actualización afecte la ejecución de los Mantenimientos en curso.

- (E) El Concesionario de Provisión deberá seguir el procedimiento establecido en el Acuerdo Entre Privados para la aprobación por parte del Operador Designado por Transmilenio de los ajustes e inclusiones ejecutadas sobre el Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI.

(ii) Obligaciones de apoyo al Operador Designado por Transmilenio

El Concesionario de Provisión deberá elaborar y presentar al personal técnico y operativo del Operador Designado por Transmilenio el Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento en los términos de lo establecido en la Sección 3.2 (e)(iii) del presente Anexo, con el fin de garantizar la transferencia de conocimiento necesario sobre los Mantenimientos. Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá presentar el Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento, en un término no mayor a los quince (15) Días previos de la suscripción del Acta de Inicio de Operación de Lote de Flota del Lote de Flota. No.1. Dicho Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento deberá comprender, como mínimo, lo siguiente:

- (A) La descripción de las actividades de carácter teórico y práctico, así como la entrega del material de apoyo, incluyendo, entre otros, (1) los manuales, (2) las guías técnicas, y (3) las presentaciones. Para la implementación de las actividades anteriormente mencionadas, el Concesionario de Provisión, en conjunto con el Operador designado por Transmilenio, estarán facultados para definir las fechas de desarrollo de las capacitaciones incluidas en el Plan de Capacitación y Gestión del Conocimiento del que se refiere la presente Sección.
- (B) La creación y aplicación de las evaluaciones orientadas a verificar la apropiación de los conocimientos por parte del Operador Designado por Transmilenio.
- (C) El Concesionario de Provisión estará obligado a ejecutar labores de supervisión respecto de las actividades de Mantenimiento del ITS No SIRCI que realice el Operador Designado por Transmilenio. El procedimiento de la supervisión se desarrolla en los términos de lo previsto en el Acuerdo Entre Privados.
- (D) Apoyo en los Mantenimientos a cargo del Operador Designado por Transmilenio: durante el Periodo de Estabilización del Contrato de Concesión de Provisión, el Concesionario de Provisión tendrá la obligación de realizar las actividades de apoyo técnico en los términos de la presente Sección del Anexo en la aplicación del Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI durante los Mantenimientos desarrollados por el Operador

Designado por Transmilenio en todos sus Niveles de Mantenimiento, conforme lo dispuesto en la Sección 5.6 de este Anexo.

Dicho apoyo se limitará a la transferencia de conocimiento, acompañamiento técnico y resolución de inquietudes sobre la correcta aplicación del Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI, sin que implique la asunción por parte del Concesionario de Provisión de obligaciones propias de ejecución, resultado o responsabilidad sobre los Mantenimientos a cargo del Operador Designado por Transmilenio, conforme lo dispuesto en la Sección 5.6 del presente Anexo.

5.8 Actualizaciones y Desarrollos Adicionales

Esta Sección establece las obligaciones aplicables a las Actualizaciones de software y hardware del ITS No SIRCI, así como a los Desarrollos Adicionales que excedan los requisitos funcionales y no funcionales definidos en el presente Anexo 3. Igualmente, regula el protocolo de gestión de cambios aplicable a dichas Actualizaciones y Desarrollos Adicionales.

Su propósito es garantizar que, a lo largo de las diferentes Etapas del Contrato de Concesión de Provisión, el Concesionario de Provisión ejecute las actividades necesarias para asegurar la estabilidad, continuidad, Interoperabilidad y evolución del ITS No SIRCI.

Las disposiciones aquí contenidas diferencian lo siguiente: (a) las Actualizaciones durante la Etapa Preoperativa, (b) las Actualizaciones durante el Período de Estabilización, (c) las Actualizaciones en el Período de Operación en Ambiente de producción del CDEG, (d) los Desarrollos Adicionales que impliquen la creación de nuevas funcionalidades no previstas en el alcance inicial del presente Anexo, y (e) el protocolo de gestión de cambios aplicable a cualquier intervención sobre el ITS No SIRCI

(a) Actualizaciones

El Concesionario de Provisión deberá realizar las siguientes Actualizaciones durante el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión:

- (i) Actualizaciones durante la Etapa Preoperativa: el Concesionario de Provisión deberá realizar todas las Actualizaciones que sean necesarias para la implementación de los requisitos funcionales y no funcionales del ITS No SIRCI.
- (ii) Actualizaciones durante el Periodo de Estabilización: durante este Periodo, el Concesionario de Provisión será responsable de implementar todas las Actualizaciones de software necesarias, conforme a lo dispuesto en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión, ya sean de carácter correctivo o preventivo, que garanticen la correcta operación, integración e Interoperabilidad de los sistemas

y subsistemas del ITS No SIRCI, en cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales previstos en este Anexo.

Dichas Actualizaciones deberán garantizar en todo momento la estabilidad, continuidad y desempeño del ITS No SIRCI, según los requisitos y las Especificaciones Técnicas definidas por Transmilenio.

- (iii) Actualizaciones durante el Período de Operación en Ambiente de Producción del CDEG: el Concesionario de Provisión deberá realizar una (1) Actualización o ajuste a la trama de datos por año, en la cual se acumularán la totalidad de las solicitudes o requerimientos presentados por Transmilenio mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, de acuerdo con el procedimiento dispuesto en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión, y sin que para tal efecto este deba reconocer compensación económica alguna al Concesionario de Provisión, siempre que dichas redefiniciones, modificaciones, ajustes o incorporaciones de la trama de datos: (A) tengan, exclusivamente, por objeto permitir la Interoperabilidad e integración de las funcionalidades del ITS No SIRCI definidas en el presente Anexo y (B) no impliquen la creación ni el desarrollo de nuevas funcionalidades.
 - (iv) Actualizaciones relacionadas con la seguridad de la información: en caso de detectarse vulnerabilidades en la seguridad de la información, el Concesionario de Provisión deberá aplicar la Actualización de forma inmediata durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión conforme lo establecido en el RF019-RT del presente Anexo. Para tal fin, el Concesionario de Provisión deberá Notificar a Transmilenio en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, los componentes afectados. Como mínimo, la Notificación deberá incluir: (A) el riesgo identificado, (B) el control a implementar, y (C) los componentes referidos. Transmilenio deberá emitir Notificación de no objeción en los términos del Contrato de Concesión de Provisión.
- (b) Desarrollos Adicionales
- (i) Los Desarrollos Adicionales comprenden la creación de nuevas funcionalidades o la adaptación del ITS No SIRCI a requerimientos que no hayan sido contemplados inicialmente dentro de los requisitos funcionales y no funcionales definidos en el presente Anexo. En todo caso, las Actualizaciones y/o desarrollos necesarios para garantizar el adecuado funcionamiento del ITS No SIRCI, tales como las Actualizaciones de software necesarias para garantizar la seguridad de la información, que resulten críticas frente a vulnerabilidades detectadas, las actualizaciones relacionadas con licencias de uso y Mantenimientos de Software

correspondientes al ITS No SIRCI, entre otros, no se entenderán como Desarrollos Adicionales, por lo que el Concesionario de Provisión deberá implementarlos a su costo.

- (ii) Transmilenio asumirá el pago de los costos asociados a Desarrollos Adicionales, salvo que dichos Desarrollos Adicionales generen un beneficio común para Transmilenio y/o el Concesionario de Provisión, caso en el cual los costos podrán ser asumidos en los términos que las Partes convengan.
 - (iii) En caso de que el Concesionario de Provisión se niegue injustificadamente a ejecutar los Desarrollos Adicionales solicitados por Transmilenio, este último podrá solicitar, en cualquier momento durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión, el código fuente, los scripts de configuración y la documentación técnica necesaria para asegurar la operatividad de los sistemas y subsistemas del ITS No SIRCI, incluyendo cualquier escenario de implementación requerido o incluso contenerizado, únicamente de los subsistemas del ITS No SIRCI necesarios para realizar el Desarrollo Adicional específico. Para tal efecto, el Concesionario de Provisión deberá entregar, entre otros, el repositorio completo del código fuente de dichos subsistemas y las dependencias asociadas, a través de una herramienta de control de versiones tipo GIT, en los términos de lo establecido en el Contrato de Concesión de Provisión.
 - (iv) Lo anterior deberá permitir que Transmilenio en virtud de lo dispuesto en el Contrato de Concesión de Provisión, y en atención a la necesidad de garantizar la prestación continua y eficiente del servicio público de transporte masivo de pasajeros, pueda, ya sea de manera directa o a través de un tercero, asegurar la continuidad, Mantenimiento, adaptación y evolución del ITS No SIRCI.
 - (v) Sin perjuicio de lo anterior, las condiciones específicas relacionadas con la titularidad, licenciamiento, uso, acceso, explotación del código fuente y demás componentes derivados de los Desarrollos Adicionales podrán ser definidos de mutuo acuerdo entre las Partes para cada caso particular, en atención a la naturaleza y el alcance del respectivo Desarrollo Adicional.
- (c) Protocolo de gestión de cambios

Toda mejora funcional o técnica del software requerida por Transmilenio, que no esté contemplada en el alcance inicial de los requisitos funcionales y no funcionales de los que trata este Anexo 3, deberá ser evaluada técnica y económicamente por el Concesionario de Provisión. Para este propósito, el Concesionario de Provisión deberá presentar a Transmilenio una cotización detallada del Desarrollo Adicional requerido. La aprobación e implementación de dicho Desarrollo

Adicional quedará sujeta a un análisis de viabilidad, pertinencia, costo, y a la aprobación de Transmilenio, mediante la correspondiente Notificación de no objeción.

- (i) Procedimiento aplicable para la gestión de cambios
 - (A) Identificación del requerimiento: si Transmilenio detecta la necesidad de un Desarrollo Adicional no cubierto por los requisitos funcionales o no funcionales definidos en el presente Anexo, el requerimiento podrá originarse, de manera enunciativa y no limitativa por: (1) necesidades operativas o (2) mejoras en la experiencia del usuario, o (3) cualquiera que permita mejoras en la Interoperabilidad con otros sistemas del ITS No SIRCI.
 - (B) Formalización de la solicitud: Transmilenio deberá enviar, mediante Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión, una solicitud que contenga lo siguiente: (1) la descripción funcional del requerimiento, (2) la justificación técnica y operativa, y (3) el objetivo del Desarrollo Adicional.
 - (C) Plazo: el Concesionario de Provisión contará con un plazo máximo de ocho (8) Días Hábiles para analizar el requerimiento y emitir, al menos, una respuesta inicial.
 - (D) Análisis técnico y económico: el Concesionario de Provisión deberá: (1) evaluar la viabilidad técnica, (2) elaborar una propuesta de solución, y (3) presentar un análisis de costos, incluyendo horas de desarrollo estimadas, recursos adicionales requeridos y un cronograma de implementación.
 - (E) Solicitud de cotizaciones: Transmilenio o quien este designe, deberá analizar: (1) el costo vs. beneficio del Desarrollo Adicional, (2) el cumplimiento de estándares de calidad, y (3) la alineación con otros Proyectos ITS.
 - (F) A partir de ello podrá, a través de Notificación en los términos del Contrato de Concesión de Provisión: (1) aprobar y formalizar el Desarrollo Adicional, (2) ajustar la solicitud, o (3) rechazarla indicando motivos.
 - (G) En caso de que Transmilenio rechace la solicitud, el Concesionario de Provisión deberá presentar una propuesta ajustada en los términos que Transmilenio defina para tal efecto.
 - (H) Evaluación y decisión: el Concesionario de Provisión deberá ejecutar el Desarrollo Adicional aprobado. Posteriormente, Transmilenio realizará

pruebas de aceptación, aplicará el concepto de *eficacia* del que trata el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión y emitirá mediante Notificación conforme lo establecido en el Contrato de Concesión de Provisión, la Notificación de no objeción correspondiente. Finalmente, el Concesionario de Provisión deberá elaborar un informe de cierre y la implementación será integrada al sistema productivo.

5.9 Sistema de Tickets

El Concesionario de Provisión deberá implementar el Sistema de Tickets del que trata el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión, especialmente para la gestión de los Mantenimientos y reemplazos, el cual deberá interoperar con el CMMS, de tal forma que se mantenga la consistencia de la información de los Mantenimientos, los reemplazos y las Garantías.

El análisis y diseño del Sistema de Tickets deberá incorporarse en el PMI, incluyendo, como mínimo, (a) las tecnologías y componentes a utilizar y (b) el alcance funcional, el cual deberá estar definido mediante casos de uso, historias de usuario u otra metodología equivalente previamente definida que muestre el detalle funcional a implementar.

El capítulo del PMI correspondiente al Sistema de Tickets deberá contener el nivel de detalle suficiente para su construcción, configuración, pruebas, despliegue, operación, soporte y evolución, incluyendo el diseño general y el diseño detallado del sistema. El Concesionario de Provisión será responsable de que el Sistema de Tickets cumpla durante todo el plazo de ejecución del Contrato de Concesión de Provisión con lo establecido en el Contrato de Concesión de Provisión y sus Anexos.

A continuación, se presentan los flujos relacionados con la gestión de Incidencias y de Casos asociados al ITS No SIRCI:

(a) Gestión de Incidencias y/o Casos

- (i) Al identificarse una Incidencia y/o Caso en el ITS No SIRCI, en su funcionamiento, disponibilidad o en los datos que este transmite al CDEG, se deberá registrar un Ticket en el Sistema de Tickets.
- (ii) El registro podrá realizarse de manera manual o de manera automática, conforme aplique.
 - (A) Cuando se trate de registro manual, este podrá ser realizado por Transmilenio, el Concesionario de Provisión o el Operador Designado por Transmilenio.

- (B) Por su parte, el registro de manera automática podrá realizarse cuando: (1) se identifique la necesidad de un Mantenimiento desde el CMMS, (2) por alguna Alarma que llegue al CDEG que deba ser analizada y solucionada, o (3) sea identificada como una Incidencia y/o Caso por los módulos del SITSP.
- (iii) El Ticket deberá contener, como mínimo, la siguiente información:
- (A) El identificador único del Ticket.
 - (B) La identificación del Bus, sistema y subsistema ITS afectado.
 - (C) La descripción de la anomalía, variable o evento detectado.
 - (D) La Fecha y hora de detección y registro.
 - (E) La clasificación preliminar (severidad, tipo de Incidencia, posible causa).
 - (F) El responsable inicial asignado y estado del Ticket.
 - (G) La evidencia fotográfica o documental, si aplica.
 - (H) El enlace de referencia al soporte de la Incidencia y/o Casos o trama registrada en el CDEG/SITSP.
- (iv) El Sistema de Tickets deberá clasificar las Incidencias y/o Casos conforme a las categorías y subcategorías propuestas por el Concesionario de Provisión en la matriz de activos ITS (Bus–sistema–subsistema–componente), conforme a lo establecido en las buenas prácticas de ITIL, la cual deberá ser administrable por el Operador Designado por Transmilenio durante la Etapa de Operación y Mantenimiento.
- Transmilenio deberá emitir la Notificación que contenga la no objeción en los términos del Contrato de Concesión de Provisión para la parametrización del Sistema de Tickets.
- (v) Cuando Transmilenio catalogue una Incidencia del ITS No SIRCI como un Caso, el Ticket deberá permitir clasificarlo como Caso y vincular el procedimiento de gestión de Casos establecido en el Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión.
- (vi) El flujo de atención de estos Casos deberá reflejar las siguientes etapas:
- (A) Diagnóstico inicial y validación por parte del Concesionario de Provisión.
 - (B) Evaluación técnica del impacto (hardware, software o firmware).

- (C) Solicitud y aprobación de Actualización de firmware o software cuando sea necesario.
 - (D) Pruebas de validación en el Ambiente QA del CDEG y posterior autorización de paso al Ambiente Producción del CDEG.
 - (E) Cierre del Caso una vez validado el restablecimiento funcional del sistema y confirmada la disponibilidad en el CDEG o SITSP.
- (vii) El Sistema de Tickets deberá reflejar los tiempos de solución y los hitos intermedios de cada Caso, vinculando las actividades de Actualización de firmware, la instalación de parches, los reemplazos de equipos o cualquier acción de Mantenimiento Avanzado de Software o Mantenimiento Avanzado de Hardware, para garantizar la trazabilidad técnica y/o el cumplimiento de los ANS parametrizados.
- (viii) El Sistema de Tickets deberá interoperar con el CMMS para la creación, actualización y cierre de Tickets relacionados con los Mantenimientos del ITS No SIRCI y reemplazos, conforme aplique, de tal manera que:
- (A) Los tiempos de atención y solución se mantengan sincronizados entre ambos sistemas.
 - (B) Las órdenes de trabajo generadas por el CMMS se asocien automáticamente a los Tickets del ITS No SIRCI.
 - (C) Se mantenga la consistencia de la información técnica, responsable y cronológica de cada Incidencia y/o Caso.
- (ix) El Sistema de Tickets deberá calcular el MTBF de cada referencia de equipo del ITS No SIRCI sincronizado con los registros del CMMS y con los datos de operación registrados por cada Bus, provenientes del CDEG y del SITSP, con el fin de permitir detectar desviaciones o patrones de fallas recurrentes. Cuando se identifiquen valores anómalos o repetitivos, el sistema deberá generar una alerta y una orden de revisión preventiva. Las fórmulas de cálculo deberán ser presentadas en el PMI, en las cuales el Concesionario de Provisión deberá definir de manera expresa y verificable cada variable a ser medida para dicho cálculo.
- (x) El Sistema de Tickets deberá mantener sincronizados los inventarios de los equipos ITS No SIRCI (modelo, serie, versión HW/FW, fecha de instalación, cobertura de garantía y reemplazos), integrándose con el CMMS para la gestión de Garantías. Cuando se inicie una intervención de Mantenimiento, el sistema deberá validar

automáticamente si el equipo o componente se encuentra en Garantía y registrar la evidencia de dicha validación.

- (xi) El Sistema de Tickets deberá contar con un módulo de Análisis de Causa Raíz (RCA) que permita registrar las causas técnicas y operativas, las acciones preventivas y los responsables, utilizando metodologías como *5-Why* o *árbol de fallas*. Los resultados deberán integrarse a la base de conocimiento y servirán como soporte de la actualización del Manual de Mantenimiento del ITS No SIRCI que deberá consultar el Operador Designado por Transmilenio para la atención de las Incidencias y/o Casos en los diferentes niveles de atención.
- (xii) El Sistema de Tickets deberá generar reportes mensuales para el ITS No SIRCI. Para tal efecto, deberá considerar, como mínimo, lo siguiente:
 - (A) El tiempo promedio de atención y de solución.
 - (B) El número total de Incidencias y/o Casos.
 - (C) Severidad y tipo de Incidencia y/o Caso.
 - (D) Los indicadores de MTBF y causas recurrentes.
 - (E) Las evidencias de cierres validados.

Estos reportes deberán exportarse en formatos PDF, CSV y XLSX, y quedar disponibles para consulta por Transmilenio, el Concesionario de Provisión y el Operador Designado por Transmilenio.

- (xiii) Toda la información del Sistema de Tickets deberá mantenerse trazable y disponible, con control de versiones, bitácoras inmutables y respaldo conforme a los requisitos no funcionales establecidos en este Anexo, como mínimo, por cinco (5) años en los términos del Anexo 13 del Contrato de Concesión de Provisión.

5.10 Obligaciones generales de coordinación

- (a) Sin perjuicio de las obligaciones específicas de coordinación establecidas en el presente Anexo, el Concesionario de Provisión deberá coordinar con el Operador Designado por Transmilenio los cronogramas y actividades necesarias para la adecuada articulación entre la ejecución de sus obligaciones y las del Operador Designado por Transmilenio, con el fin de preservar la prestación eficiente del servicio de transporte público de pasajeros y el funcionamiento del ITS No SIRCI.

- (b) En desarrollo del deber general de coordinación previsto en el literal (a) anterior, el Concesionario de Provisión deberá ejecutar sus obligaciones de forma que facilite el cumplimiento de las obligaciones del Operador Designado por Transmilenio.