

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FUNCIONALIDAD DEL PROYECTO VISION-BRT

Este documento define el alcance y objetivo de alto nivel del proyecto VISION-BRT. Se expone una definición clara de cada una de las necesidades manifestadas por la Dirección BRT y cubiertas por el proyecto VISION-BRT.

A partir de este documento se establecen las expectativas del software a desarrollar y conforma el documento base para la construcción del documento R-DT-004 denominado al interior de Transmilenio S.A. como “Especificación de requerimientos de software”.

El desarrollo de herramientas tecnológicas dentro de la Dirección Técnica de BRT (DTBRT), en el marco del proyecto VISION-BRT, nace como respuesta a: la escasa centralización de datos e información al interior de la Dirección; vulnerabilidades en el almacenamiento de información histórica; baja estandarización de datos y dificultades en la obtención de reportes con información agregada de la operación del sistema. Limitando con ello, las maniobras generales de regulación del sistema de transporte y/o explotación de los datos para procesos de planeación de la Dirección Técnica de BRT.

En consecuencia, al inicio de esta administración y una vez identificadas las citadas deficiencias, la DTBRT decidió diseñar e implementar una plataforma tecnológica que permitiera solventar las dificultades propias de la Dirección en términos de aprovechamiento de la información que se produce a partir de la operación del sistema de transporte, en aras de dotar a la misma de las herramientas necesarias para evaluar el sistema, focalizar recursos, estandarizar procesos y eliminar grandes cantidades de tiempo invertidas por cada profesional en el desgaste propio de la construcción de reportes a la medida.

A través de este capítulo se expondrán los objetivos centrales que motivaron el desarrollo de herramientas tecnológicas en la Dirección Técnica de BRT en el marco del proyecto VISIÓN-BRT, el estado actual de la implementación, detallando cada uno de los módulos de este, integración de la solución con el Centro de Gestión del Sistema de Transporte y las demás áreas de Transmilenio S.A., problemáticas, y visión futura de todo el proyecto.

1.1. Proyecto VISIÓN-BRT

El proyecto VISIÓN-BRT se conforma como una estrategia tecnológica a nivel de software transversal de la Dirección Técnica de BRT, cuyo objetivo se centra en la unificación de indicadores, procesamiento de datos en línea, estandarización de reportes, comunicación de información, validación de reportes SAE y articulación de la información proveniente de

las acciones del personal en vía con las acciones efectuadas por el centro de control sobre el Sistema de Ayuda a la Explotación. Actualmente en etapa de producción y desarrollo.

1.1.1. Esquema de funcionamiento del proyecto VISIÓN-BRT

A partir de la gestión conjunta de la Dirección Técnica de BRT y Dirección de TIC's, el proyecto cuenta con el conjunto de servicios ofrecidos por la plataforma de computación en la nube de Google (GCP), aumentando de esta manera, los niveles de disponibilidad, escalabilidad y adaptabilidad del proyecto. Propiamente, el proyecto está conformado por componentes de software independientes con claras responsabilidades con el propósito de reducir los tiempos de mantenimiento del software y aumentar su estabilidad.

A grandes rasgos, el proyecto recibe la información de los actores tecnológicos responsables de la operación del sistema de transporte - Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE), Centro de Gestión y Concesionarios - para luego transmitirla a los componentes de software del proyecto responsables de su procesamiento, visualización y exposición hacia otros proyectos de la Entidad y todos los usuarios dentro de la Dirección Técnica de BRT.

En la visualización, el proyecto utiliza una interfaz web que agrupa en módulos las herramientas con las que interactúan los profesionales de la Dirección. En términos de analítica, VISION-BRT Almacena la información recopilada y procesada en los productos de Big Data de la plataforma GCP para su posterior explotación.

1.1.2. Funcionalidades del proyecto VISIÓN-BRT

El proyecto VISIÓN-BRT cuenta con dos líneas de acción, a saber: información reportada en línea, e información proveniente del procesamiento de datos históricos.

1. Información reportada en línea: para este grupo la actual implementación entrega:

- a) **Velocidad del sistema de transporte por tramos y por sentido de circulación:** El proyecto VISIÓN-BRT es capaz de procesar todas y cada una de las coordenadas geográficas de la ubicación de cada vehículo con un desfase de un minuto¹ frente a la realidad. Esto le permite calcular la velocidad de recorrido de la flota y entregarlo al usuario final mediante georeferenciación (Mapas temáticos).
- b) **Alarmas de variación negativa de la velocidad en tramos del sistema:** La comparación estadística entre la velocidad calculada en línea, y la velocidad histórica almacenada permite establecer las variaciones, por tanto, cuando se encuentran variaciones negativas por debajo del 40% se considera una reducción a

¹ Tiempo mínimo dadas las limitaciones técnicas de acceso a la información del Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE), el proyecto VISIÓN-BRT tiene la capacidad de procesar datos en tiempo real si a futuro se cuenta con ellos.

la velocidad y por tanto, es presentada al centro de control como una alerta. centro de control podrá evaluar y tomar decisiones con base en ello.

- c) **Comportamiento horario de la velocidad del sistema:** El proyecto entrega momento a momento, en línea, la velocidad horaria de todo el sistema de transporte, esto permite la posibilidad de conocer el desempeño de esta variable durante la operación del sistema de transporte.
- d) **Demanda del sistema (Entradas al sistema):** El sistema cuenta en la actualidad con la posibilidad de visualizar en línea la demanda del sistema, entendida como validaciones en el sistema, así pues, las curvas generadas pueden estudiarse puntualmente por torniquete, estación, zona o sistema; esta funcionalidad permite gestionar de mejor forma cada uno de los equipos del sistema de transporte; la información se presenta agrupada por cuarto de hora.²

De igual forma, el proyecto VISION-BRT presenta mediante un mapa temático el comportamiento de la demanda para cada una de las estaciones del sistema. Dicho comportamiento está soportado en la comparación estadística de las validaciones del día de operación frente a las validaciones ocurridas dentro de un período de tiempo parametrizado por el usuario. El mapa puede entregar ayudas para determinar aumentos inesperados en la demanda del sistema de transporte.

- a) **Vehículos detenidos durante más de 10 minutos:** El sistema cuenta en la actualidad con la posibilidad de monitorear todas y cada una de las coordenadas transmitidas por los vehículos al sistema SAE. A partir de ello, el sistema detecta cuando un vehículo se detiene por más de 10 minutos dentro del área del sistema y en ese sentido logra presentar al usuario en centro de control dicha información de manera tal que pueda actuar sobre cada caso particular según corresponda.
- b) **Vehículos asignados al sistema de ayuda a la explotación (SAE) fuera de ruta:** El proyecto VISIÓN-BRT evalúa todas las diferentes ubicaciones geográficas transmitidas por cada vehículo con un desfase de un minuto frente al trazado de ruta asignado, resultado de dicha validación VISIÓN-BRT presenta a cada uno de los técnicos de control el listado de todos los vehículos que teniendo una asignación al Sistema de Ayuda a la Explotación no está dentro del trazado, ésta información focaliza la labor del técnico de control frente a la gestión de las rutas a su cargo.
- c) **Vehículos no asignados al sistema de ayuda a la explotación (SAE) reportados por el concesionario de operación:** VISIÓN-BRT presenta el vehículo reportado por cada concesionario de operación para la operación de cada viaje. Para cada uno de estos vehículos se evalúa su posición frente al trazado de ruta asignado en SAE, y se

² El menor nivel de agregación posible es cada 15 minutos dada la disposición de la información en el FCS-Center en línea, entregado por el Concesionario del SIRCI

presenta al técnico de control el resultado. El técnico podrá visualizar todos aquellos casos en los cuales no cuente con una asignación de vehículo-viaje en el sistema SAE y el concesionario de operación haya reportado el vehículo. Esta funcionalidad podría ayudar a optimizar los tiempos que actualmente se emplean para establecer una comunicación con las empresas operadoras para resolver inquietudes de esta naturaleza.

- d) **Viajes con regulación efectuada por personal de apoyo a la operación en vía:** El proyecto visión permite articular la gestión realizada sobre cada viaje y vehículo hecha en el Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) con la gestión adelantada por todo el personal de apoyo a la operación en vía, en otras palabras cualquier acción de regulación sobre el sistema sin importar el origen es comunicada a los dos actores del control (Centro de control y vía). Dicha articulación permite mejorar el registro de la operación en el Sistema de Ayuda a la Explotación³ por una parte, y por otra dotar al personal en vía con información articulada con el Centro de Control del sistema.
- e) **Ubicación del vehículo a despachar en plataforma:** VISION-BRT dentro del módulo dispuesto como herramienta de apoyo a la gestión de plataforma en vía, entrega la ubicación de cada vehículo próximo a salir en despacho de cabecera, con esta información el personal de apoyo en vía podrá tomar decisiones sobre la operación con base en la información reportada por cada uno de los vehículos.
- f) **Confirmaciones de salida de viaje registradas por personal de apoyo en vía:** VISIÓN-BRT cuenta con la posibilidad de registrar todas las acciones realizadas por el personal de apoyo a la operación en vía, inmediatamente esta información será transmitida a cada controlador del centro de control.
- g) **Variación del intervalo de operación con base en la confirmación de viajes en vía:** VISIÓN-BRT calcula el despacho programado de cada servicio en cada cabecera y contrasta contra el intervalo real informado por el personal de apoyo a la operación en vía, si el intervalo real supera un umbral parametrizable, se indicará una alerta en la pantalla del personal en vía que indicará dicha condición.
- h) **Variaciones del intervalo de operación con base en la transmisión de coordenadas:** VISION-BRT calcula el paso de cada vehículo del sistema en cada una de las estaciones del servicio a través de la transmisión de coordenadas de cada uno de los

-
- ³ Potencial mejora en la información transmitida al usuario, mas del 50% de acciones de regulación efectuadas en la vía no son registradas en el Sistema de Ayuda a la Explotación, por tanto, esta deficiencia repercute en tiempo real en información equivocada en los paneles de mensajería variable al interior de las estaciones.
 - Viajes regulados en vía no registrados en el Sistema de Ayuda a la Explotación repercute en problemas para cálculos posteriores de indicadores y kilometrajes.

vehículos y lo contrasta con el intervalo de paso programado por cada una de las estaciones. De esta comparación se logra tener un reporte general del comportamiento de cada una de las rutas de acuerdo con la programación establecida. Es importante resaltar que este valor es una medida de referencia que sirve como apoyo directo a la gestión del centro de control, pero que por las condiciones particulares de cada caso, requiere de una validación exhaustiva del centro de control.

- i) **Mapas temáticos de ocupación de flota con base en el reporte realizado por los conductores a través de las unidades lógicas:** Durante la emergencia sanitaria por la COVID 19 la Dirección Técnica de Tics gestionó la instalación de una funcionalidad de las unidades lógicas de los vehículos, a través de la cual el conductor puede reportar: alta ocupación y baja ocupación. VISION-BRT logró representar esta información mediante mapas temáticos de calor, sobre el cual es posible identificar, en línea y de forma histórica las zonas de concentración de reportes, alta o baja ocupación. Dicha información permite mejorar la oportunidad para la gestión de puntos que requieran especial atención durante la emergencia sanitaria.
- j) **Viajes no realizados:** VISION-BRT logra extraer del Sistema de Ayuda a la Explotación toda la información de la operación. En este sentido presenta un reporte general del sistema sobre la totalidad de viajes no ejecutados frente a la programación de servicios.
- k) **Indicadores de operación:** VISIÓN-BRT cuenta con una batería de indicadores de operación en línea, parametrizable y personalizable de acuerdo con la necesidad de la Dirección, en la actualidad, se presenta gráficamente el comportamiento de indicadores de: velocidad del sistema, porcentaje de desasignación SAE, total de viajes eliminados y adicionales, total de viajes fuera de ruta, resumen de tramos críticos de velocidad y total de viajes perdidos.⁴

2. Información proveniente de datos históricos: Toda la información capturada y procesada en línea, es almacenada en repositorios históricos con capacidad de procesamiento BigData, la implementación actual cuenta con las siguientes funcionalidades:

- l) **Comparación de velocidad por tramo por escenarios de tiempo:** VISIÓN_BRT permite de forma gráfica, geográfica y numérica establecer patrones diferenciales entre periodos de tiempo. A partir de esta funcionalidad es posible evaluar de forma horaria la velocidad de cada tramo y del sistema. Este reporte es mayormente utilizado para la evaluación de cambios operacionales que afecten a la velocidad de la vialidad, y la identificación de potenciales puntos críticos de velocidad.

⁴ Los indicadores actuales corresponden a indicadores propuestos, VISIÓN-BRT está en capacidad de presentar todos los indicadores que la Dirección Técnica de BRT considere aportan valor a la gestión.

- m) **Evolución horaria de la velocidad para un periodo de tiempo:** VISION-BRT es capaz de reconstruir la velocidad de operación de un periodo de tiempo por cada hora, en este reporte, gráfico y geográfico es posible evidenciar la velocidad de cada troncal y cada tramo de operación. Mayormente usado para describir situaciones operacionales.
- n) **Tiempos de recorrido de cada ruta del sistema:** A partir de la información proveniente de la localización geográfica de la flota, el sistema evalúa la salida y llegada de las cabeceras de operación de cada viaje y determina el tiempo de recorrido. Posteriormente, mediante análisis estadísticos, la información se agrupa y presenta para diferentes configuraciones de franjas horarias. La información es entregada de forma gráfica y tabular.
- o) **Porcentajes de consumo de tiempo de recorrido para cada ruta en cada una de las distintas paradas que configura cada servicio de transporte:** VISION-BRT evalúa a partir de la velocidad de cada tramo en cada ruta el porcentaje de consumo de tiempo con el fin de establecer un comportamiento de desgaste de la duración programada de cada uno de los viajes. Este reporte es base para la definición de puntos de control en el sistema de transporte.
- p) **Demanda del sistema:** VISIÓN-BRT guarda toda la información proveniente de la demanda entendida como accesos o validaciones al sistema. La información puede ser extraída de forma gráfica y tabular, en la implementación actual VISIÓN-BRT almacena desde el primero de enero de 2017.
- q) **EMIC:** VISION-BRT cuenta con un componente que soporta la evaluación de: 1) la Gestión Operacional en términos de Puntualidad y Cumplimiento de Viajes y 2) el Mantenimiento de flota en términos de varados efectivos. Para la gestión operacional, el componente soporta el ciclo de interacción de la Dirección con el concesionario, evaluando automáticamente los viajes objetados, publicando los resultados de la evaluación y llevando la trazabilidad de las objeciones y resultados de las evaluaciones realizadas. Para el mantenimiento de flota, el componente inter-opera con la plataforma EIC para publicar los varados efectivos.
- r) **Validador de posicionamiento:** En esta funcionalidad, VISIÓN-BRT permite a los analistas de la EMIC y de kilometraje comparar geográficamente el desplazamiento del vehículo asignado a un viaje vs la ruta establecida para el viaje. Con ello, los analistas evaluar visualmente la puntualidad y cumplimiento de viajes.
- s) **Kilometraje – Reporte agregado de Kms recorridos:** Esta funcionalidad, recoge diariamente: 1) la información de viajes desglosados, 2) la distribución de viajes acordada con los concesionarios y 3) los viajes de posicionamiento que la flota debe realizar para reforzar la operación en lugares de alta demanda. Con todos estos insumos, esta funcionalidad agregar el kilometraje calculado por la herramienta

SIRCI en las variables que se listan a continuación: i) Rutas Compartidas del componente alimentador; ii) componente y concesionario; iii) componente y tipología de los vehículos y iv) zona Soacha.

- t) **Kilometraje - Modelo de correlación de entidades geométricas de apoyo a la gestión de liquidación de kilometraje:** Cada una de las ubicaciones geográficas de la flota, es evaluada frente a los trazados de operación asignados, en consecuencia, el modelo de correlación de entidades geométricas entrega el porcentaje de correlación entre el trazado de la ruta y el desplazamiento del vehículo, posteriormente este resultado es comparado frente al calculado por el sistema, que mediante reglas parametrizables ayuda a la decisión final del profesional de la Dirección Técnica de encargado de la liquidación del kilometraje.
- u) **Generación de curvas oferta demanda:** VISION-BRT permite calcular las curvas de oferta y demanda balanceada a partir de las matrices origen-destino. Cada curva se puede extraer dependiendo de la vocación de cada troncal: Generadora de viajes ó troncal intermedia. Caso Caracas.
- v) **Generación de perfiles de carga:** VISION-BRT cuenta con una conexión cloud al proyecto Centro de Gestión. De él extrae la información del evento uno denominado apertura de puertas en estaciones del servicio. VISION-BRT cruza dicha información con todos los datos de operación asociados y logra generar diagramas de perfiles de carga de cada una de las rutas del sistema en operación. Es importante para efectos de planeación del sistema de transporte.
- w) **Vinculación de conductores al sistema GestSAE:** VISION-BRT logró diseñar una estructura a nivel de software sobre la cual es posible realizar una vinculación, desvinculación y re-vinculación de conductores. Dicha funcionalidad está diseñada para reducir los tiempos de estas actividades y optimizar los recursos.
- x) **SIRCI – Reporte de vehículos que no comunican localización:** Notifica semanalmente al grupo SIRCI, mediante correo electrónico, la cantidad de días en los que los vehículos del componente troncal y dual han dejado de comunicar localización.
- y) **SIRCI – Reporte de vehículos con novedad en equipamiento:** Notifica semanalmente al grupo SIRCI, mediante correo electrónico, la cantidad de horas en que los periféricos del equipamiento SIRCI han reportado novedades.

1.1.3. Integración de información con el Centro de Gestión⁵

⁵ Se presenta el detalle de articulación entre herramientas tecnológicas – Centro de Gestión y Proyecto VISIÓN -, no obstante, la Dirección Técnica de BRT ha dispuesto de usuarios de la plataforma para la Subgerencia

A partir de la implementación y puesta en marcha del Centro de Gestión, la Dirección Técnica de BRT ha identificado la oportunidad de agregar la información proveniente del subsistema de control de flota a cargo del Concesionario del SIRCI y la información del Sistema ITS instalado a bordo de la flota, por tal razón, se han adelantado mesas de trabajo entre la Dirección Técnica de BRT, la Dirección de TIC's y el proveedor tecnológico del Centro de Gestión, logrando captar información de ocupación de cada bus, de igual forma la Dirección Técnica de BRT ha dispuesto información de conductores, asignaciones y planificación horaria en línea mediante colas de mensajería; la información es aprovechada para enriquecer los procesos actuales del sistema VISIÓN-BRT gracias a la articulación de sistemas de información, a continuación se da mayor detalle sobre la información entregada por la Dirección al Centro de Gestión, y la información recibida por el Centro de Gestión:

1) Información entregada por la Dirección Técnica de BRT al Centro de Gestión por el proyecto VISIÓN-BRT

- a) **Asignaciones de vehículos SAE:** Dentro de la información del sistema ITS a bordo de los vehículos, no se cuenta con información de la ruta que se encuentra realizando un vehículo, por tanto a partir del proyecto VISIÓN-BRT la Dirección Técnica de BRT entrega mediante colas de mensajería, enviadas periódicamente⁶, la información de vehículo y conductor asignado en el Sistema de Ayuda a la Explotación para la realización de cada uno de los viajes.⁷
- b) **Información básica de conductores:** Transmilenio S.A, es el encargado de administrar toda la gestión de conductores en cuando al proceso de vinculación se refiere, en este sentido, para garantizar la integridad referencial de esta información, se entrega al Centro de Gestión una cola de mensajería, enviadas periódicamente, la información completa del estado de cada conductor en el Sistema de Ayuda a la Explotación, con esta información centro de gestión actualiza su base de datos y se evitan procesos superpuestos en la gestión de conductores.
- c) **Información de viajes planificados:** Dentro de la información del sistema ITS a bordo de los vehículos, no se cuenta con información sobre la programación de viajes del sistema, por tanto, a partir del proyecto VISION-BRT la Dirección Técnica de BRT

Técnica y de Servicios quienes hacen consultas sobre la información de velocidades del sistema de Transporte en su componente Troncal y carrera séptima.

⁶ La periodicidad es parametrizable, depende de las autorizaciones de consulta a la base de datos del Sistema de Ayuda a la Explotación a cargo del Concesionario del SIRCI, en el momento en que se escribe este informe se tiene una periodicidad de diez minutos.

⁷ Únicamente se publica la información que ha sufrido cambios, la cola de mensajería cumple una función de actualización.

entrega de forma diaria y antes de iniciar operación⁸ la planificación horaria, en otras palabras, la programación completa de la operación del sistema.

2) Información recibida por parte del Centro de Gestión hacia el proyecto VISIÓN-BRT

- a) **Tramas de ocupación vehicular:** Este tipo de información es puesto por el Centro de Gestión a disposición de Transmilenio S.A a través de la Dirección de TIC's, la Dirección Técnica de BRT, en el momento de escribir este informe se encuentra en pruebas para la interpretación a nivel de software en el marco del proyecto VISIÓN-BRT de esta información.

1.1.4. Oportunidades de mejora en la implementación del proyecto VISIÓN

- 1) El acceso limitado a ciertas redes de la información correspondiente al Sistema de Ayuda a la Explotación a cargo del Concesionario del SIRCI, exige contar con un servidor "local" encargado de consultar el sistema SAE y transmitir la información al proyecto VISIÓN-BRT. Se recomienda gestionar ante la Dirección Técnica de Tics obtener acceso a la información SAE desde la nube para garantizar alta disponibilidad de los servicios.

1.1.5. Líneas futuras a corto plazo para el proyecto VISIÓN-BRT

Con la información que actualmente recoge el proyecto VISIÓN-BRT se proyecta el siguiente conjunto de funcionalidades a implementar en el corto plazo, a saber:

- 1) **Estimación de la demanda en el corto plazo a partir de inteligencia artificial, mediante redes neuronales:** La Dirección Técnica de BRT actualmente se encuentra adelantando procesos para la construcción de una red neuronal que permita la predicción por estación de los ingresos al sistema de transporte, con el objetivo de adelantar las acciones del Centro de Gestión que permitan elevar la percepción de calidad del servicio del usuario⁹
- 2) **Alarmas de permanencia de usuarios dentro de las estaciones:** A partir de la predicción de la demanda de usuarios mediante inteligencia artificial mencionada en el punto anterior, es posible integrar la magnitud de la proyección con la rotación de usuarios dentro de cada vehículo que llega a la estación, la rotación obtenida mediante la cola de mensajería provista por el Centro de Gestión, dicha información permitiría establecer una serie de medidas indicadores sobre la evacuación de usuarios dentro de una determinada estación.

⁸ La hora es parametrizable, en el momento en que se escribe este informe el envío se realiza a las tres de la mañana todos los días.

⁹ Se han adelantado pruebas con éxito a nivel de software, no obstante, se continúa con la evaluación de las variables descriptivas del problema

- 3) Estimación en línea de las rutas que están realizando los vehículos no asignados:** A partir de los eventos de parada que reportan los vehículos al centro de gestión, se proyecta implementar un modelo de aprendizaje automático que permita estimar con un alto nivel de confianza la ruta que están realizando los vehículos no asignados a un viaje. De esta manera el centro de control y el personal en vía podrán ejecutar el control esperado sobre los vehículos con esas características.