

## TABLA DE CONTENIDO

<b>2.2.16.1</b>	<b>NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	<b>2.2.16.2</b>	<b>REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	
<b>7.2.2.16.3</b>	<b>ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>			
<b>10.2.2.16.4</b>	<b>REVISIÓN DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y APLICACIÓN AL CASO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>			
10.2.2.16.4.1	Optimización de la regulación de tráfico de trenes			10
2.2.16.4.2	Estadísticas de flujo			10
2.2.16.4.3	Información a pasajeros en andén			10
2.2.16.4.4	Soluciones de conteo en Puertas de andén			11
2.2.16.4.4.1	Sistema de sensores infrarrojos Interautomation GmbH y Iris GmbH			11
2.2.16.4.4.2	Sistema de sensores infrarrojos Eurotec.			11
2.2.16.4.4.3	Sistema a través de cámaras por Video Analítica.			13
2.2.16.4.4.4	Solución de despliegue de la información de conteo sobre puertas de andén			15
<b>2.2.16.5</b>	<b>CONCLUSIONES</b>			18

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

## 2.2.16 ET16 - PLAN DE MANTENIMIENTO PRELIMINAR

<b>Disciplina:</b>	<b>Sistema de Puertas de Andén</b>
<b>Entregable de referencia:</b>	<b>Entregable 14 / ET16 – Puertas de Andén</b>

### 2.2.16.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

Las principales normas aplicables están listadas en las siguientes tablas. La lista completa será desarrollada durante la fase 3 de la asesoría especializada.

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
EN ISO 1461	Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo –
EN 10025	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados
EN 755-9	Aluminio y aleaciones de aluminio. Varillas, barras, tubos y perfiles extruidos. Parte 9: Perfiles, tolerancias dimensionales y de forma.
EN 1125	Herrajes para la edificación. Dispositivos antipánico para salidas de emergencia accionadas por una barra horizontal. Requisitos y métodos de ensayo

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

EN 1461	Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo
EN 4628	Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 8: Evaluación del grado de delaminación y corrosión a partir de una incisión u otro defecto artificial
EN 1154	Herrajes para la edificación. Dispositivos de cierre controlado de puertas. Requisitos y métodos de ensayo
EN 1990	Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras
1991-1-1	Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-1. Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios
1991-1-4	Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento
EN 1993	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero.
EN 1999	Eurocódigo 9: Diseño de estructuras de aluminio

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

EN 17168	Aplicaciones ferroviarias: sistemas de fachadas de andén
EN 1561	Especificaciones para fundiciones de grafito lamelar.
EN 7599	Anodizado del aluminio y sus aleaciones - Especificaciones generales para los recubrimientos anódicos de óxido de aluminio
EN 12600	Vidrio para la edificación - Prueba de Péndulo - Impacto método de ensayo y clasificación para vidrio plano
EN 12543	Vidrio para la edificación. Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad
EN 12150	Vidrio para la edificación. Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente
EN 14179	Vidrio para la edificación. Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente y tratado "heat soak"
BS 3900-0	Métodos de ensayo para las pinturas. Índice de métodos de ensayo.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

ISO 281	Rodamientos - Calificaciones de carga dinámica y vida nominal
EN 1011-1	Soldeo. Recomendaciones para el soldeo de materiales metálicos. Parte 1: Guía general para soldeo por arco
ASTM B595-11	Especificación estándar para piezas estructurales de aluminio sinterizado
ISO 225	Elementos de fijación – Tornillo, espárrago y tuerca – Símbolos y descripción de las dimensiones.
ISO 272	Elementos de fijación – Productos hexagonales. Anchos.
ISO 4759-1	Tolerancia de los elementos de fijación – Parte 1: Tornillo, espárrago y tuerca – Grados A, B y C.
ISO 885	Tornillo de uso general – Serie métrica – Radio bajo la cabeza
ISO 888	Fijaciones - Tornillo, espárrago y eje roscado – Longitudes nominales y longitudes roscadas.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

BS 4190	ISO métricas tornillos hexagonales negros, tornillos y tuercas. Especificación.
BS 3692	ISO métricas pernos hexagonales de precisión, tornillos y tuercas. especificación
EN 755-2	Aluminio y aleaciones - barras, tubos y perfiles - Parte 2: Características mecánicas.
EN 10025-1	Laminados en calientes productos de aceros estructurales - Parte 1: Requisitos generales técnicas de entrega.
EN 15614-1	Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones
EN 50129	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización
EN 50126	Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS)
EN 62267	Aplicaciones ferroviarias. Transporte urbano guiado automáticamente (AUGT). Requisitos de seguridad

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

EN 61508	Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad
EN 45545	Aplicaciones ferroviarias. Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios
EN 50122-1	Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte1: Medidas de protección contra los choques eléctricos.
EN 50122-2	Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 2: Medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas producidas por los sistemas de tracción de corriente continua

### 2.2.16.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

<b>Entregable de referencia:</b>	Producto 6 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias / Informe de Sistemas y Operación
<b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:</b>	Basándose sobre el estudio de prefactibilidad, el sistema de puertas de andén para la L2MB estará compuesto de fachada alta de tipo “full Height” es decir que la fachada cubrirá el espacio entero entre el nivel andén y techo de la estación. El sistema será compuesto de: <ul style="list-style-type: none"><li>- puertas deslizantes Motorizadas (PDM)</li><li>- puertas de Emergencia (PSE)</li><li>- puertas de fin de Andén (PFA)</li></ul>

<b>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</b>	El estudio de prefactibilidad describe los requisitos funcionales fundamentales del sistema Puertas de andén suficiente para el nivel prefactibilidad, sin embargo, faltan algunos requisitos de desempeño como las cargas dinámicas aplicables alas puertas y otros requerimientos técnicos. La gestión de interfaz se reduce a la exhibición de solo la matriz de interfaces.	
Ítem	Aspectos relevantes	¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?
<b>Requerimientos operacionales</b>	Falta el desarrollo de los requerimientos operacionales que especifican las funcionalidades de alto nivel requeridas al nivel del centro operacional. Estos requerimientos se declinan luego en requisitos funcionales y técnicos en las especificaciones de cada sistema.	Se desarrollarán estos requerimientos operacionales en el marco de la asesoría
<b>Requerimientos de mantenimiento</b>	Falta el desarrollo de los requerimientos de mantenimiento de alto nivel que se declinan en requisitos técnicos y de desempeño al nivel del diseño de cada sistema.	Se desarrollarán estos requerimientos de mantenimiento en el marco de la asesoría
<b>Ciberseguridad</b>	Faltan requerimientos de alto nivel relacionados con la Ciberseguridad	Se desarrollarán estos requerimientos en el marco de la asesoría
<b>Altura de la fachada</b>	En los documentos de especificaciones técnicas del estudio de prefactibilidad, la altura de la fachada de la PDA está definida como completa lo que será diferente de lo especificado para PLMB donde la altura está limitada a 2,40m.	Conversar con el cliente sobre las razones porque se ha tomado esta definición, sino se especifica una fachada de la misma altura que PLMB.
<b>Tiempo de apertura y cierre de puertas</b>	En el documento ET-16: Puertas de Andén, se indica “ <i>Estos tiempos se podrán cambiar en la ingeniería de detalle del proyecto</i> ” sin indicar límite. Esto puede llevar a tiempos más largos que pueden impactar el desempeño operacional de la línea	Estos deben ser limitados y por lo tanto se debe especificarlo tal como se ha especificado para las puertas de PLMB. Máximo 3 segundos +/- 0.2 segundos.



<b>Aspectos críticos por atender:</b>	<b>A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2):</b>	<b>A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3):</b>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar el diseño L1</li> <li>- Tener un retorno de experiencia L1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir los requerimientos operacionales</li> <li>- Definir los requerimientos de mantenimiento</li> <li>- Definir los requerimientos de ciberseguridad</li> <li>- Desarrollar las especificaciones funcional y técnicas con el mismo nivel de desarrollo que realizado para PLMB</li> </ul>						
<b>Interfaces:</b>	El nivel de desarrollo de las interfaces en el estudio prefactibilidad es muy bajo. Habrá que desarrollar las matrices de interfaces que identifica todas las interfaces y definir una arquitectura conceptual con diagramas mostrando el conexionado lógico y físico entre los diferentes sistemas							
<b>CAPEX y OPEX</b>	<p><b><u>Metodología Punto 3.32</u></b></p> <p>Según nuestro análisis la metodología de considerar los kilómetros de línea para determinar el CAPEX de las PDA puede generar un sobre estimación del CAPEX PDA. Las puertas siendo instaladas en las estaciones, el CAPEX podrá haberse calculado en base de un precio referencial de una puerta o de 1 metro lineal.</p> <p>Considerando un tren de una longitud de 145 m con 7 vagones y 28 puertas y 11 estaciones.</p> <p>Cambio US dólar a COP\$ = 3880</p> <p>186.799 millones de COP\$ nos da lo siguiente</p> <table border="1" style="width: 100%; background-color: #004a7c; color: white; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">ítem</th> <th style="width: 33%;">Valor en millones COP\$</th> <th style="width: 33%;">Valor en USD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		ítem	Valor en millones COP\$	Valor en USD			
ítem	Valor en millones COP\$	Valor en USD						

	Precio por estación	16 982	4 376 804
	Precio por andén	8 941	2 304 381
	Precio por puerta	319,3	82 294
	Precio por metro. lineal	58,5	15 077
<p>El CAPEX será consolidado durante la fase 2 y 3 de este proyecto. Sin embargo, según nuestra experiencia, en base de proyectos equivalentes, realizados en latín América, se observa que el CAPEX del estudio de prefactibilidad parece estimado entre 20 y 25% por encima del precio de referencia esperado.</p>			
<b>Otros aspectos relevantes:</b>	N/A		

### 2.2.16.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ

El tiempo de cierre de las puertas fue aumentado para la L2MB en comparación a PLMB. En PLMB el tiempo de cierre considerado es de 3 segundos +/-0.2 segundos cuando en el documento ET-16 Puertas de Andén se indica 3.5 segundos +/-0.2 segundos.

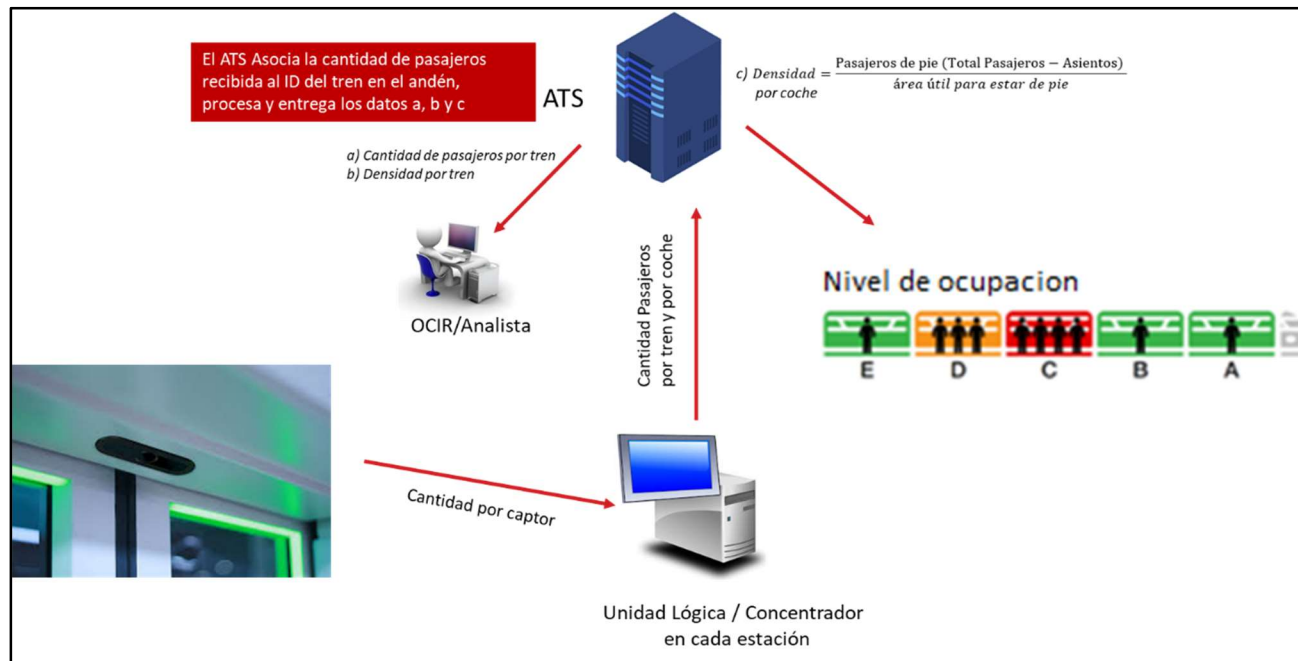
Se ha ido proponiendo en la prefactibilidad que el sistema de puertas de andenes de la L2MB sea compatible con el de la PLMB. Cabe precisar que no habrá conexión física entre ambas líneas. En este sentido, se puede cuestionar este requisito.

### 2.2.16.4 REVISIÓN DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y APLICACIÓN AL CASO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

Una funcionalidad no prevista en el estudio de prefactibilidad y que puede ser interesante desarrollar es el conteo de los pasajeros dentro del tren y el despliegue de la información de carga de los coches sobre la fachada de las puertas de andén.

Conocer la ocupación de los coches del tren tiene tres finalidades:

- realizar una regulación de tráfico optimizada
- realizar estadísticas de flujos en estaciones
- informar a los pasajeros de la ocupación de los coches para dirigirse hacia el coche menos lleno.



#### 2.2.16.4.1 Optimización de la regulación de tráfico de trenes

En las líneas modernas UTO, disponer de la información de ocupación disponible al nivel del ATS permitirá al operador de tráfico, aumentar o reducir el número de trenes. Afuera de la hora pico, cuando se observa que los trenes están más y más llenos, el operador podrá inyectar un tren adicional y cuando se observa que los trenes tienen una ocupación menor que lo normal, el operador puede sacar un tren, ahorrando en este caso los coches kilómetros y consumo eléctrico.

#### **2.2.16.4.2 Estadísticas de flujo**

Permite ajustar los tiempos de estacionamiento por ejemplo o aplicar estrategia de regulación de flujo en las estaciones.

#### **2.2.16.4.3 Información a pasajeros en anden**

En las líneas modernas UTO, disponer de la información de ocupación de los coches previo a la llegada del tren permite a los pasajeros posicionarse frente al coche menos lleno y así reducir los retrasos de trenes en estación

#### **2.2.16.4.4 Soluciones de conteo en Puertas de andén**

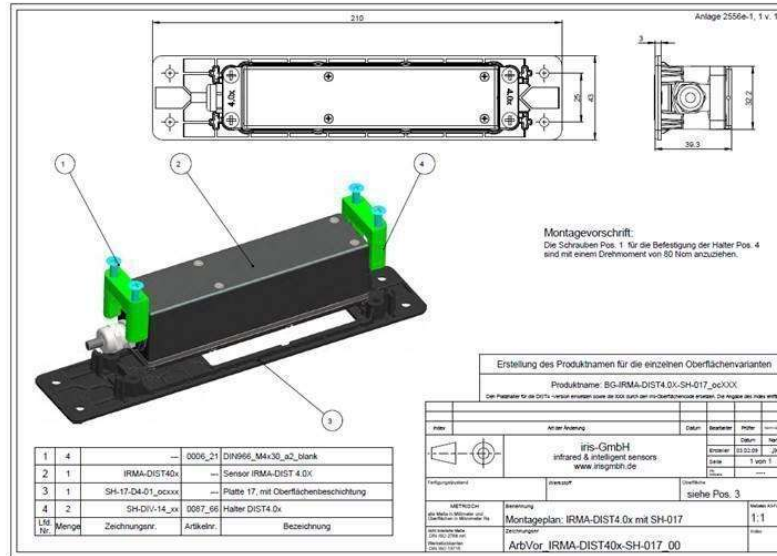
##### **2.2.16.4.4.1 Sistema de sensores infrarrojos Interautomation GmbH y Iris GmbH**

Este sistema es utilizado en el Metro de Munich. Se trata de un sistema de conteo de pasajeros mediante sensores infrarrojos instalados en las puertas (dos sensores en cada puerta). Este sistema básicamente realiza el conteo en función del tiempo que hay entre el envío y recepción de la señal. Estadísticamente la precisión del sistema es mucho mejor que la estimación realizada por la suspensión del material rodante.

A continuación, se presenta esquema del producto:

1.

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF



2.

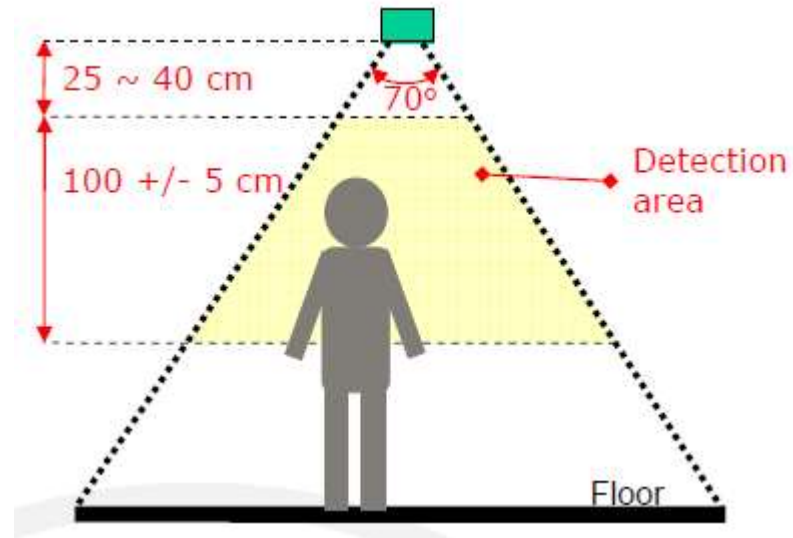
2.2.16.4.4.2 Sistema de sensores infrarrojos Eurotec.

Este sistema, de la empresa Eurotec es parecido al sistema anterior, pero combina rayos infrarrojos y cámaras. Permite contar con precisión (90 a 97%) el número de personas que entran y salen del vehículo.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF





#### 2.2.16.4.4.3 Sistema a través de cámaras por Video Analítica.

Actualmente se están realizando desarrollos de conteo de personas con cámaras de CCTV que tienen aplicativos de video analítico, hay ejemplos en el mundo de los centros comerciales, terminales aéreas y las líneas pagas de metro, pero no hay evidencia en andenes de metro que permitan obtener retroalimentación certera sobre la solución.

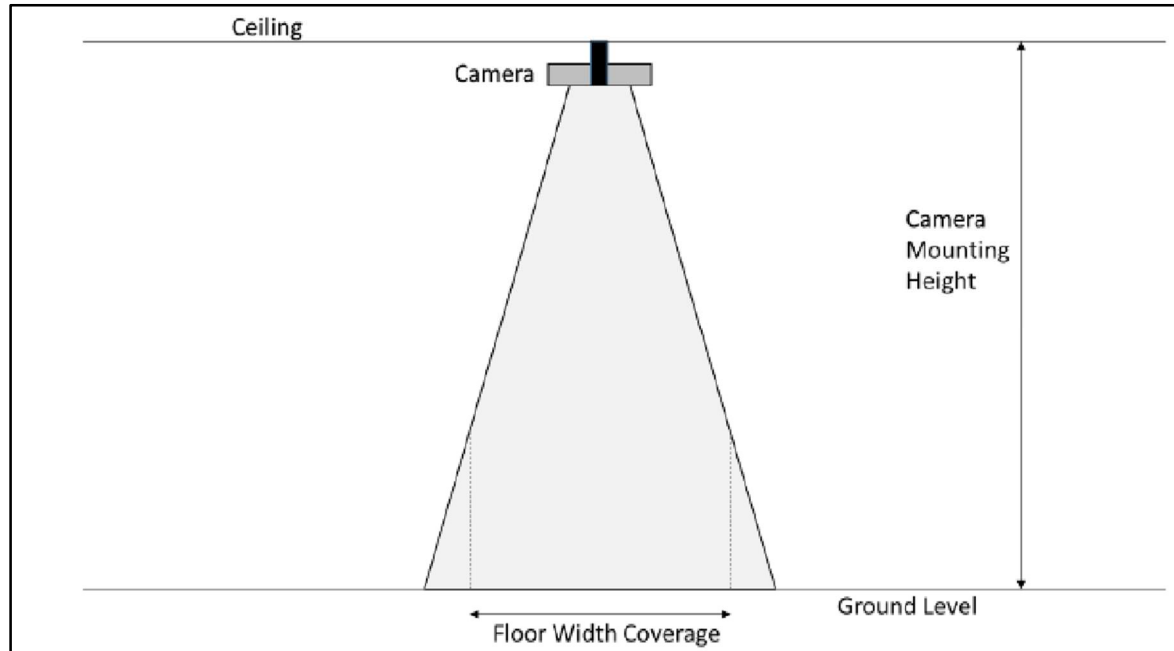
Esta solución se basa en instalar cámaras 3D en altura de la puerta de andén o. Esta cámara tiene el aplicativo de video analítico que permite contar el número de personas que ingresa o desciende del coche. Esta meta-data es procesada y enviada según el fin que se requiera.

Estas soluciones tienen restricciones específicas para el buen funcionamiento del sistema, en resumen, no es una restricción de funcionamiento o desempeño, si no que la restricción de altura de montaje va a determinar el área de conteo de los pasajeros, en este caso es necesario montar el sistema sobre los 2 m de altura y un ancho libre de escaneo de 2 m. frente a estas condiciones se puede obtener en el marco teórico un 98% de precisión.

A continuación, presentamos los esquemas de montaje:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF





REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF



#### 2.2.16.4.445 Solución de despliegue de la información de conteo sobre puertas de andén

La información de conteo podrá ser desplegada de manera visual y dinámica, en tiempo real sobre las puertas de andén para indicar la ocupación de los coches. Una de la forma más moderna es desplegar la información a lo largo de la fachada de puerta de andén sobre un panel led sobre la parte alta de las PSD, tal como se presenta en la siguiente ilustración. La otra forma es aprovechar de la pantalla LED prevista sobre las PDM para indicar la información de ocupación de los trenes.



### 2.2.16.5 CONCLUSIONES

El estudio de prefactibilidad para el sistema de puertas de andén entrega los requisitos fundamentales para iniciar el estudio en el marco de la asesoría. Sin embargo, habrá que tomar definiciones, en la fase 2 y en una mirada conjunta con los demás sistemas, en cuanto a la altura de la fachada de la PDA a saber si se considera de altura completa o de 2,40m como especificado para PLMB. En la fase posterior, se debe ajustar algunos requerimientos y complementar el estudio de prefactibilidad con la definición de los requerimientos de alto nivel para la operación y mantenimiento, También definir una arquitectura conceptual de interconexión entre sistemas para el desarrollo de la matriz de interfaces. No se ha mencionado la posibilidad cada vez más extendida de publicar el estado de carga de cada coche en anticipación a la llegada del tren a la estación con miras a que los pasajeros en el andén se auto distribuyan hacia las puertas menos congestionadas y liberen las más cargadas. Corresponderá estudiarlo y desarrollarlo en el marco de la factibilidad. Tampoco se evocó la posibilidad de instalar contadores de pasajeros. Esto es particularmente valioso en líneas GoA4 porque, ante la necesidad manifiesta de variar la oferta (en más o en menos), se la puede adaptar en tiempo real para adaptarla a la demanda.

NB: no se presenta en el documento correspondiente un análisis detallado de los documentos técnicos elaborados para contratar la concesión de la PLMB (apéndices técnicos, preguntas y respuestas) pero se afirma que se tomarán en cuenta estos documentos para la definición y redacción de las especificaciones técnicas relacionadas con la ET correspondiente