



**Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero**

**Entregable 4**  
**Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte**  
**Anexo A**

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC



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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-03-2022	Integración general de modificaciones solicitadas	Observaciones de FDN/Interventoría/EMB. Se asigna el capítulo al Apéndice 5 del Anexo H
C	05-05-2022	-	Observaciones del Ministerio de Transporte. Se reasigna el capítulo a la Sección 10 del Anexo A

## REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 18-05-2022
Director de estructuración

## REVISIÓN Y APROBACIÓN

Revisó:  O. Véliz 05-05-2022	Revisó:  F. Faria 05-05-2022	Revisó:  C.L. Umaña 05-05-2022	Aprobó:  J.M. Martínez 05-05-2022
VoBo. Director Técnico	VoBo. Director Financiero	VoBo. Director Legal	VoBo. Director General de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

<b>A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO</b>	4
<b>10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN</b>	4
<b>10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL</b>	4
<b>10.17.1 Características funcionales</b>	4
10.7.1.1. Introducción	4
10.7.1.2. Principales características del CCO de la L2MB	4
10.7.1.3. Organización del CCO de la L2MB	5
10.7.1.4. Arquitectura típica del Sistema de Comando y Supervisión	7
10.7.1.5. Ubicación del CCOP y CCOR	7

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 – Ejemplo de organización en el CCO

Ilustración 2 - CCO del metro de Sidney

Ilustración 3 - CCO del metro de Dubai

Ilustración 4 – Arquitectura típica del SCS

Ilustración 5 - Ubicación del CCOP en al nivel Mezzanina - 2 en la estación 5

Ilustración 6 - Ubicación del data center al nivel Mezzanina - 3

## A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO

### 10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN

#### 10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL

##### 10.17.1 Características funcionales

###### 10.7.1.1. Introducción

Para operar una línea es fundamental que los sistemas ferroviarios sean operados de forma controlada, coordinada y supervisada. Para que los tres aspectos de control, coordinación y supervisión sean efectivos es necesario hacerlo desde un único punto centralizado desde donde se accede a toda la información, permitiendo tomar decisiones rápidas de forma acertada.

El Centro de Control Operacional (CCO) abarca al conjunto de equipamiento que permitan la supervisión y gestión centralizada de todos los sistemas de la Línea 2 del Metro de Bogotá.

El CCO se compone de las siguientes funciones:

- Supervisión y control de la circulación de los trenes en línea principal y en el Patio-Taller. (subsistema *Automatic Train Supervision* – ATS vinculada con el CBTC)
- Supervisión y Control de la energía SCADA-Energía (sistemas de Alimentación de Alta Tensión, Media Tensión, Alimentación Tracción para los Trenes y Alimentación Baja Tensión para estaciones y edificios)
- Supervisión de la seguridad e Información a los pasajeros en las estaciones y en los Trenes (CCTV, interfonía y megafonía, información al pasajero)
- Supervisión y Control de los equipos en estaciones (SCADA Estación)

###### 10.7.1.2. Principales características del CCO de la L2MB

El CCO de la L2MB será totalmente independiente del CCO de la PLMB.

El CCO de la L2MB contará con un CCO principal (CCOP) y un CCO de respaldo (CCOR) totalmente redundante en una ubicación diferente del CCO principal (CCOP). En el caso de que la supervisión desde el CCOP se vea afectada por cualquier incidencia, el control podrá ser tomado de forma inmediata desde la otra ubicación.

Los CCOs estarán ubicados en los distintos niveles de las estaciones 5 y 6 que ofrecen una buena accesibilidad para el personal.

El sistema del CCO debe unificar el control y la supervisión de los siguientes sistemas:

- El sistema SCADA Estación que asegura el control y mando de los equipos electromecánicos en las estaciones (puertas de andén o plataforma, escaleras, ascensores, detectores de incendio, ventilación, bombas, etc.);
- El sistema SCADA Energía que asegura el control y mando de los equipos eléctricos (SER, CDC y SAF)

- El sistema de Megafonía;
- El sistema de Cronometría;
- El sistema de Información a los pasajeros;
- El sistema CCTV;
- El sistema de Control de Accesos y Alarmas;
- Los equipos de Peaje/ Control de Acceso;
- Los sistemas de recaudo
- El sistema de Interfonía;
- El sistema de Telefonía;
- El sistema de Radiocomunicaciones;
- La Red Multiservicios (RMS);
- El Sistema de Gestión del Mantenimiento (MMS).

#### 10.7.1.3. Organización del CCO de la L2MB

El CCO debe garantizar la homogeneidad de la presentación de las pantallas control/comando o IHM entre los diferentes sistemas.

Además de las pantallas de cada operador, un tablero de control óptico (TCO) permite la visualización de los datos de energía, tráfico y CCTV.

La siguiente ilustración muestra una organización típica que se aplicará al CCO Principal:

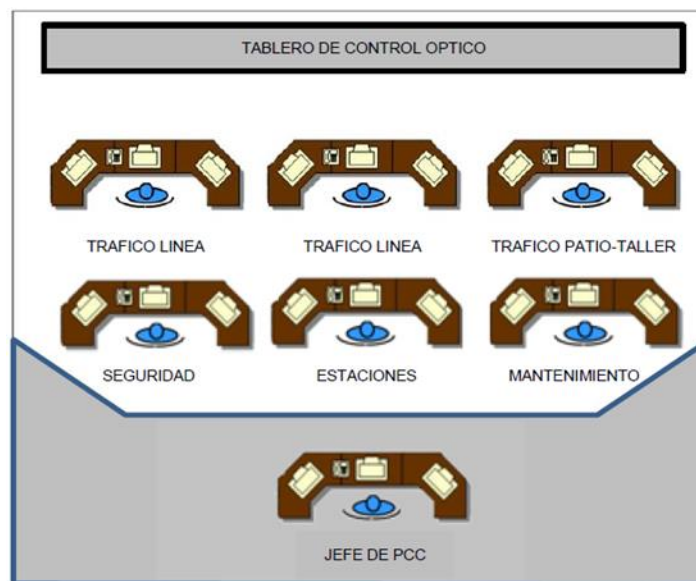


Ilustración 1 – Ejemplo de organización en el CCO

El CCO comprende 7 puestos de trabajo integrados:

- 2 puestos para dos operadores de tráfico en línea que se encargan, en particular, del movimiento de los trenes en las zonas con pasajeros y de la gestión de la energía general de la Línea en función de los eventos de operación. También cuenta con un botón de emergencia que permite cortar la corriente de la línea y con un botón de emergencia que permite cortar la corriente en la zona UTO de los talleres, compartido con el operador PCC descrito anteriormente
- 1 puesto para un operador de tráfico Talleres que se encarga, en particular, del movimiento de los trenes en las zonas sin pasajeros (parte trasera de estación, cocheras). También cuenta con un botón de emergencia que permite cortar la corriente de la línea y con un botón de emergencia que permite cortar la corriente en la zona UTO de los talleres;
- 1 puesto para un operador Estaciones que se encarga, más particularmente, de las estaciones e interestaciones, de los equipos electromecánicos, y de la ayuda al cliente (ayudar a la movilidad de las personas mientras estén en el interior de las instalaciones atendiendo peticiones de información y emitiendo mensajes de información);
- 1 puesto para un operador de seguridad de los pasajeros. Su función es gestionar las pantallas del CCTV en las estaciones y los trenes e intervenir en caso de detección de un problema de seguridad. El operador de seguridad puede ayudar al operador de estaciones en sus actividades de información al pasajero;
- 1 puesto para un operador de mantenimiento que es responsable de la gestión de la interfaz con los equipos de mantenimiento correctivo de las instalaciones fijas y del material rodante. El operador de mantenimiento gestiona las alarmas transmitidas por el SCADA y se asegura que se organicen las operaciones de reparación por parte de los departamentos de mantenimiento.
- 1 puesto para el jefe del CCO, que se encargará de la coordinación total entre puestos de operador a la vez que, en caso requerido, podrá tomar el control de cualquier función de operador. También cuenta con un botón de emergencia que permite cortar la corriente de la línea, y un botón de emergencia que permite cortar la corriente en la zona de los talleres.

La organización en el CCO de respaldo podrá ser similar o reducida. Dado su función de respaldo, el número de los puestos de los operadores de tráfico puede ser reducido.

Las ilustraciones a continuación muestran ejemplos de CCO para la operación de líneas de Metro en el mundo.



*Ilustración 2 - CCO del metro de Sidney*



*Ilustración 3 - CCO del metro de Dubai*

#### 10.7.1.4. Arquitectura típica del Sistema de Comando y Supervisión

La operación desde el CCO principal y el CCO de respaldo se apoyará sobre una arquitectura típica como la que se presenta en la siguiente ilustración

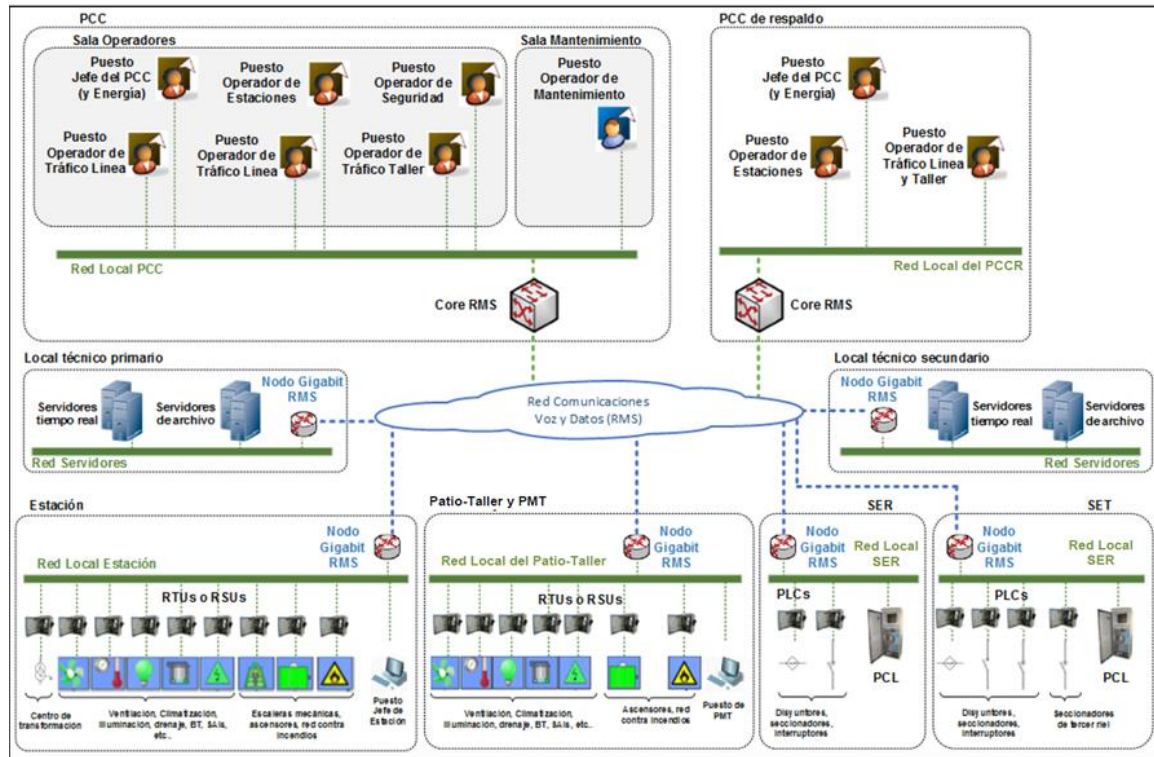


Ilustración 4 – Arquitectura típica del SCS

#### 10.7.1.5. Ubicación del CCOP y CCOR

Para la L2MB, considerando la necesidad de un espacio amplio, del alrededor de 150m<sup>2</sup>, para una sala de control, considerando la necesidad de reducir el traslado de los equipos entre el CCOP y el CCOR en caso de incidente y considerando el costo de construcción, se propone implementar el CCOP y el CCOR en las estaciones E5 y E6 al nivel Mezzanina -2.



Ilustración 5 - Ubicación del CCOP en la nivel Mezzanina - 2 en la estación 5

Tal como se ve en la ilustración anterior, el nivel mezzanina dispone de mucho espacio para poder implementar el CCO pero también una sala de crisis, salas para los equipos de mantenimiento y sala de capacitación.

Por otro lado, los servidores centrales previstos para la realización de la actividad de control y mando serán instalados en un DATA Center ubicado en el nivel inferior, mezzanina nivel -3. La proximidad de la sala CCO con el Data center permitirá reducir la cantidad del cableado y por lo tanto el costo del cableado.



Ilustración 6 - Ubicación del data center al nivel Mezzanina - 3





**Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero**

**Entregable 4**  
**Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte**  
**Anexo A**

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC



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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-03-2022	Integración general de modificaciones solicitadas	Observaciones de FDN/Interventoría/EMB. Se asigna el capítulo al Apéndice 5 del Anexo H
C	05-05-2022	-	Observaciones del Ministerio de Transporte. Se reasigna el capítulo a la Sección 10 del Anexo A

### REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 18-05-2022
Director de estructuración

### REVISIÓN Y APROBACIÓN

Preparó:  P. Medina 05-05-2022	Revisó:  D. Leyton 05-05-2022	Aprobó:  F. Consuegra 05-05-2022	Revisó:  F. Sánchez 05-05-2022
VoBo. Arquitectura CCO	VoBo. Jefe Dpto Arquitectura	VoBo. Director de División	VoBo. Coordinador Técnico

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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

Revisó:  O. Véliz 05-05-2022	Aprobó:  J.M. Martínez 05-05-2022
VoBo. Director Técnico	VoBo. Director General de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

<b>A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO</b>	<b>5</b>
<b>10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>10.17. Centro de control operacional</b>	<b>5</b>
<b>10.17.2. Arquitectura</b>	<b>5</b>
<b>10.17.2.1. Planteamiento inicial</b>	<b>5</b>
<b>10.17.2.2. Criterios de diseño</b>	<b>6</b>
<b>10.17.2.3. Metodología de análisis</b>	<b>6</b>
<b>10.17.2.4. Actividades para la fase de diseño para la estructuración técnica</b>	<b>7</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Implantación Centro de Control Operacional y Centro de Control Operacional de Respaldo

## A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO

### 10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN

#### 10.17. Centro de control operacional

##### 10.17.2. Arquitectura

###### 10.17.2.1. Planteamiento inicial

Después de evaluar las dos alternativas en cuanto a la implantación del Centro de Control Operacional (Alternativa 1, un CCO independiente para la línea 2 y la Alternativa 2, ubicación del CCO de la línea 2 en el CCO que se construirá para la línea 1 del Metro de Bogotá), en el marco del contrato de Concesión No. 163 de 2019 suscrito por la Empresa Metro de Bogotá), se determinó implementar la Alternativa 1 anteriormente mencionada y se encuentra localizado en el centro de la línea para tener un manejo equidistante de operatividad.

El Centro de Control Operacional se encuentra dentro de la Estación 5 de la L2MB localizada sobre la Avenida Calle 72 entre la carrera 80 y la carrera 81A y el Centro de Control Operacional de Respaldo (CCO-R) está ubicado en la Estación 6 de la L2MB sobre la Avenida Ciudad de Cali entre la calle 77A y la calle 80 como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 1. Implantación Centro de Control Operacional y Centro de Control Operacional de Respaldo  
Fuente: Tomado de KMZ Google Earth. Estructuración Integral Línea 2 de Metro de Bogotá - UT Movius.(2022)

Se considera un área de 1.100 m<sup>2</sup> para el edificio del Centro de Control Operacional y del Centro de Control Operacional de Respaldo que estará dotado como mínimo de los siguientes espacios de acuerdo con la Estructuración Técnica (ET 23):

- Sala de Operación de la línea.
- Sala de Crisis.
- Sala de Simulación y Formación.
- Sala Técnica de Servidores y Equipos de Telecomunicaciones.

- Sala de UPS (Cada una con autonomía mínima de 180 minutos).
- Salas de reuniones.
- Sala de presentaciones.
- Instalaciones hidrosanitarias y vestuarios para el personal.
- Salas de descanso.
- Sala de formación y biblioteca.

Adicionalmente se tomará como referencia las áreas y espacios dispuestos en el Centro de Control Operacional de la Primera Línea de Metro Bogotá (En construcción).

#### 10.17.2.2. Criterios de diseño

Los criterios utilizados para el diseño del Centro de Control Operacional que se tendrán en cuenta son los siguientes:

- Criterios de diseño de Arquitectura funcional y sostenible: Se implementarán estrategias ambientales relacionadas con el uso optimizado y aprovechamiento de los recursos naturales para su funcionamiento.
- Criterios de materialidad que respondan a las necesidades del proyecto y la normativa vigente: Se considera la materialidad de la edificación como un importante componente de diseño asegurando la especificación de materiales duraderos, de fácil mantenimiento y reparación (recambio de piezas deterioradas, remoción de rayones, pinturas, etc.), se proponen materiales que absorban o reflejen el ruido exterior para obtener el nivel de confort adecuado y adicionalmente se garantizará el confort de los empleados y el público en general.
- Criterios de seguridad humana, zonas seguras y rutas de evacuación: Se tendrá en cuenta la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010) Título J y K en lo que respecta a los anchos de circulación, rutas de evacuación, materiales de protección contra el fuego, seguridad y confort de las edificaciones.
- Criterios de seguridad del edificio: Debido a que el Centro de Control Operacional es el centro neurálgico del sistema metro y demás sistemas cuya operación se radique en él, en su diseño y funcionalidad se tendrán en cuenta altos estándares de seguridad desde el punto de vista de obra civil como protección contra atentados, explosivos, ataques terroristas y protestas.
- Criterios de accesibilidad e inclusión y señalética: Se deberá cumplir la normativa vigente referente a supresión de las barreras arquitectónicas sobre accesibilidad para las Personas con Movilidad Reducida (PMR). Se deben establecer rutas uniformes para aquellas personas con capacidades diferentes y de la tercera edad mediante señalización y acabados texturizados, de tal forma que se orienten siempre bajo los mismos criterios. Para las personas con discapacidad visual se debe considerar un señalamiento en pisos que pueda detectar su bastón indicando la circulación continua, los cambios de dirección o la presencia de obstáculos, etc. Igualmente se colocará la señalización oportuna mediante el Sistema Braille para su perfecta orientación.

Con base en los criterios anteriormente mencionados se realizará una definición funcional y volumétrica del Centro de Control Operacional, así como la distribución y dimensionamiento básico suficiente para comprobar la funcionalidad de los diferentes espacios, teniendo en cuenta en todo momento el máximo aprovechamiento del espacio y mejor concepción de este para la eficiente operatividad de un sistema de transporte masivo tipo metro.

#### 10.17.2.3. Metodología de análisis

Identificación de los espacios y distribución según el programa arquitectónico. Modelación de espacios.

Con los modelos desarrollados se materializan los elementos correspondientes a los acabados arquitectónicos de los cuales se puedan extraer sus características y dimensiones, lo cual nos proporcionará la estimación de costos.

En el proceso de coordinación e interfaz entre disciplinas se analizará la superposición de redes y componentes estructurales que nos facilitarán las posibles soluciones de interferencias entre las diferentes disciplinas que componen el diseño integral del Centro de Control Operacional.

#### 10.17.2.4. Actividades para la fase de diseño para la estructuración técnica

A continuación se describen las actividades que hacen parte del proceso de diseño arquitectónico de los elementos que conforman el Centro de Control Operacional.

- Programa arquitectónico: Se realizará con base en los diseños del Centro de Control Operacional de la primera línea y ajustando áreas y espacios según requerido por la Estructuración Técnica.
- Diseño arquitectónico: A partir de la definición de las áreas y espacios requeridos para el desarrollo del programa arquitectónico se diseña el edificio del Centro de Control Operacional teniendo en cuenta la normatividad vigente para las soluciones de accesibilidad, seguridad, evacuación, aspectos bioclimáticos y confort del edificio.
- Planos generales de diseño: Basados en los resultados del diseño arquitectónico a nivel de factibilidad, se establecen planos generales que permiten conocer la funcionalidad arquitectónica del Centro de Control Operacional.
- Cantidades de obra: A partir de la información contenida en los planos generales de diseño, se determinan las cantidades de obra para el Centro de Control Operacional.
- Especificaciones técnicas de acabados arquitectónicos: Se establecen las especificaciones de acabados arquitectónicos de materiales duraderos, de fácil mantenimiento y reparación (recambio de piezas deterioradas, remoción de rayones, pinturas, etc.)

Anexo: L2MB-1620-450-MOV-DP-ARQ-EQ-0001\_VA



**Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero**

**Entregable 4**  
**Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte**  
**Anexo A**

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC





## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-03-2022	Integración general de modificaciones solicitadas	Observaciones de FDN/Interventoría/EMB. Se asigna el capítulo al Apéndice 5 del Anexo H
C	05-05-2022	-	Observaciones del Ministerio de Transporte. Se reasigna el capítulo a la Sección 10 del Anexo A

## REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 18-05-2022
Director de estructuración

## REVISIÓN Y APROBACIÓN

Revisó:  O. Véliz 05-05-2022	Revisó:  F. Faria 05-05-2022	Revisó:  C.L. Umaña 05-05-2022	Aprobó:  J.M. Martínez 05-05-2022
VoBo. Director Técnico	VoBo. Director Financiero	VoBo. Director Legal	VoBo. Director General de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

<b>A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO</b>	<b>5</b>
<b>10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN</b>	<b>5</b>
10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL	5
10.17.3 Redes hidrosanitarias	5
10.17.3.1 Descripción del sistema	5
10.17.3.2 Normatividad aplicable	5
10.17.3.3 Criterios de diseño	6
10.17.3.2.1. Conducción de agua potable	6
10.17.3.2.1.1. Pérdidas por fricción	7
10.17.3.2.1.2. Pérdidas menores	7
10.17.3.2.1.3. Caudal de Diseño	10
10.17.3.2.1.4. Pérdidas por accesorios	12
10.17.3.2.1.5. Velocidad de diseño	13
10.17.3.2.1.6. Tipo de tuberías y presiones de trabajo	14
10.17.3.2.1.7. Accesorios para el control hidráulico en la conducción	14
10.17.3.2.1.8. Descripción general del sistema hidráulico de agua potable	15
10.17.3.2.2. Red de drenaje sanitario	15
10.17.3.2.2.1. Caudal de diseño de la red de drenaje sanitario	15
10.17.3.2.2.2. Cálculo de caudales	15
10.17.3.2.2.3. Velocidad de diseño y fuerza tractiva	16
10.17.3.2.2.4. Coeficiente de rugosidad de Manning	16
10.17.3.2.2.5. Velocidad mínima	16
10.17.3.2.2.6. Diámetro mínimo	16
10.17.3.2.2.7. Tipo de tubería de la red de drenaje sanitario	17
10.17.3.2.3. Red de drenaje pluvial	17
10.17.3.2.3.1. Caudal de diseño	17
10.17.3.2.3.2. Coeficiente de escorrentía	18
10.17.3.2.3.3. Intensidad de la precipitación	19
10.17.3.2.3.4. Periodo de retorno y tiempo de concentración	20
10.17.3.2.3.5. Velocidad de diseño y fuerza tractiva	20
10.17.3.2.3.6. Coeficiente de rugosidad de Manning	20
10.17.3.2.3.7. Velocidad mínima	20
10.17.3.2.3.8. Diámetro interno mínimo	20
10.17.3.2.3.9. Dimensionamiento de las bajantes para las cubiertas	21

## LISTA DE TABLAS

*Tabla 1. Listado de normas para el diseño de redes hidrosanitarias*

*Tabla 2. Coeficientes de pérdida (Ks) para materiales de tuberías*

*Tabla 3. Coeficientes de pérdida (km) para accesorios*

*Tabla 4. Unidades de consumo y presiones requeridas*

*Tabla 5. Equivalencia de las unidades de consumo en caudal (l/s)*

*Tabla 6. Longitudes equivalentes en metros de tubería rectilínea para el cálculo de las pérdidas por accesorios*

*Tabla 7. Dimensionamiento del múltiple (Manifold)*

*Tabla 8. Unidades de los aparatos según el método de Hunter*

*Tabla 9. Máximo número de unidades de desagüe*

*Tabla 10. Coeficientes de escorrentía*

*Tabla 11. Valores de caudal*

*Tabla 12. Áreas máximas para bajantes de aguas lluvias (m<sup>2</sup>)*

## A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO

### 10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN

#### 10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL

##### 10.17.3 Redes hidrosanitarias

###### 10.17.3.1 Descripción del sistema

Para las redes del Centro de Control Operacional, se proyecta el trazado de los sistemas de agua potable, drenaje residual y drenaje pluvial, las conexiones están previstas hasta el empate de la red existente. Las conexiones están previstas hasta el empate de la red existente. Se deja previsto la acometida de agua potable hasta el tanque de almacenamiento en 2" con su respectivo centro de medición, drenaje de aparatos sanitarios en tubería pvc s de 4" y 6", para el drenaje pluvial se contempla una bajantes de 6" por cada 400m<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, a continuación se presentan los criterios y las metodologías a emplear en los diseños de redes hidrosanitarias para el edificio CCO de la Línea 2 del metro de Bogotá.

###### 10.17.3.2 Normatividad aplicable

Respecto al diseño de redes Hidrosanitarias, el producto de factibilidad de la L2MB tendrá en consideración las normas relacionadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Listado de normas para el diseño de redes hidrosanitarias

CÓDIGO	TÍTULO
NS-068	Conexiones domiciliarias de alcantarillado
NS-057	Cunetas y canaletas de drenaje superficial
NS-085	Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado
NS-030	Lineamientos para trabajos topográficos
NS-054	Presentación de diseños de sistemas de alcantarillado
NS-028	Presentación de diseños de acueducto

NS-033	Criterios para diseño de Red Matriz
NS-036	Criterios para diseño de red de acueducto secundaria y menor distribución
NS-060	Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado
NS-077	Cajas para accesorios de acueducto
NP-011	Accesorios para acueducto.
NS-128	Lineamientos generales para diseño y construcción de instalaciones hidrosanitarias internas y sistema contra incendio.
NTC-1500	Código Colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias – Cuarta actualización (2020)
	National plumbing code-2021

### 10.17.3.3 Criterios de diseño

#### 10.17.3.2.1. Conducción de agua potable

El suministro de agua potable para el CCO se hará a partir de las redes secundarias de agua potable aledañas a cada estación, la red se alimentará por medio de llaves para hacer el lavado de pisos, el caudal se estimó de acuerdo con los parámetros de la norma ICONTEC NTC 1500 – Cuarta actualización (2020), para una llave de poceta de servicio público y el caudal de la red por el método de hunter, asumiendo 2,25 unidades por llave. Así mismo se contempla la Ley 142 de 1994 Servicios públicos domiciliarios, donde se establecen las condiciones mínimas de prestación del servicio de acueducto y alcantarillado por parte de la EAAB-ESP, la disponibilidad de servicios públicos para el CCO

Los accesos y galerías deberá ser tramitada por el IDU o quien se delegue como parte de la licencia de construcción para estas edificaciones.

La normatividad que se aplicará en el diseño corresponde al Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500, Cuarta actualización y a las normas de la EAAB-ESP que se listan a continuación.

- Cajillas de piso para medidores de ¾" y ½". NP-021.
- Instalación de acometidas domiciliarias de acueducto diámetros 1/2". NS-024.
- Excavaciones. Bogotá. NS-019.
- Rellenos. Bogotá. NP-040.
- Medidores de agua potable. Definiciones y clasificación. NT-001
- Terminología de Acueducto. NT-002

- Lineamientos generales para diseño y construcción de instalaciones hidrosanitarias internas y sistema contra incendio. NS-128

#### 10.17.3.2.1.1. Pérdidas por fricción

Para las presiones de servicio y las pérdidas hidráulicas en la red de suministro de agua potable, se consideró que la tubería es en PVC-P, accesorios en el mismo material.

Las pérdidas por fricción se calcularon mediante la ecuación de Darcy Weisbach para la red de suministro, la cual se presenta a continuación:

$$hf = \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g}$$

Donde:

f es el factor de fricción adimensional, depende del número de Reynolds y de la rugosidad de la tubería

L es la longitud de la tubería, (m)

D es el diámetro interno, (m)

V es la velocidad media, (m/s)

hf es la pérdida por fricción, (m)

g es la aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

El factor de fricción se calcula con la ecuación de Colebrook, White (Rodríguez, 2009, pág. 56)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{ks}{3.7 \times D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

Donde:

Re es el número de Reynolds (adimensional).

Ks es la rugosidad absoluta (m)

Se reemplaza el valor de f obtenido en la ecuación de pérdidas por fricción para obtener este valor para la tubería.

#### 10.17.3.2.1.2. Pérdidas menores

Para el cálculo de pérdidas menores para la red de acometidas del CCO se tomará como referencia lo descrito en la norma técnica NS-128 de la EAAB-ESP; los valores empleados se indican en la Tabla 2 y Tabla 3.

Ks: Valor de los coeficientes de pérdidas menores de todos los accesorios empleados en la acometida domiciliaria desde la derivación de la red.

Tabla 2. Coeficientes de pérdida (Ks) para materiales de tuberías

Material	Descripción	Valor coeficiente de fricción C	Valor coeficiente de rugosidad Ks (mm)
HF	Hierro fundido	120	0,150
ACE	Acero	140	0,046
AC	Asbesto cemento	140	0,030
HG	Hierro Galvanizado	120	0,150
CR	Concreto reforzado	120	0,1200
CCP	Tubería reforzada con cilindro de acero y varilla	120	0,1200
PCCP	Tubería de hormigón pretensada cilíndrica	110	0,1200
PVC	Policloruro de vinilo	130	0,0015
PE	Polietileno	150	0,0070
HD	Hierro dúctil	120	0,2500

Fuente: Saldarriaga J. 2007. Hidráulica de tuberías – Abastecimiento de Aguas, redes y Riegos. Ed. Alfaomega. Fichas Técnicas PE, PVC Fabricantes nacionales

Tabla 3. Coeficientes de pérdida (km) para accesorios

Accesorios	(km)
Válvula de control tipo globo, completamente abierta	5,5

Válvula de control tipo Y, completamente abierta	5,5
Válvula en ángulo, completamente abierta	5,0
Válvula de cheque, completamente abierta	2,5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0,2
Válvula de mariposa, completamente abierta	1,0
Válvula de bola, completamente abierta	0,1
Codo de radio corto 90°	0,9
Codo de radio mediano 90°	0,8
Codo de gran radio 90°	0,6
Codo de 45°	0,4
Retorno (curva en U)	2,2
TEE en sentido recto	0,3
TEE salida lateral	1,8
Unión	0,3
Yee 45°, sentido recto	0,3
Yee 45°, salida lateral	0,8
Filtro de cilindro o malla perforada	5,0
Medidor de consumo de agua potable	5,0
Entrada recta a tope	0,5
Entrada con boca acampanada	0,1



Entrada con tubo reentrante	0,9
Entrada a tanque	1,0
Contracción	0,1
Expansión	0,1

Fuente: Saldarriaga J. 2007. Hidráulica de tuberías – Abastecimiento de Aguas, redes y Riegos. Ed. Alfaomega. Alba V. Díaz Corrales. 2008. Mecánica de Energía – Pérdidas de Energía total. Presentación <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/presentacion1.pdf>

#### 10.17.3.2.1.3. Caudal de Diseño

Las instalaciones hidráulicas domiciliarias corresponden a las redes internas de suministro hasta los puntos de consumo.

Para el cálculo de los caudales de diseño de las redes internas de suministro del CCO, se utilizará el método modificado de Hunter. Este método considera la probabilidad de uso simultáneo de los aparatos sanitarios alimentados por un ramal dado. El método se basa en asignar a cada aparato sanitario un número denominado unidad de consumo de acuerdo con la Tabla 4 y Tabla 5 .

Tabla 4. Unidades de consumo y presiones requeridas

Aparato	Unidades de Consumo		Presión Requerida	
	Privado	Público	m.c.a	psi
Sanitario Tanque	2	2	7*	9,95
Lavamanos	0,5	1,5	5,63	8
Poceta	2,25	2,25	5,63	8

\*Se toma para el sanitario de tanque una presión requerida 7 m.c.a., tomando como base las tablas de presiones recomendadas de la literatura recomendada; 1) Diseño de redes hidráulicos y desagües –Rafael Pérez Carmona, 2) Diseño hidráulicos sanitarios y de gas en edificaciones – Héctor Rodríguez, 3) Redes hidráulicas y sanitarias en edificios – Jorge Granados.

Una vez se determine el número de unidades abastecidas por cada ramal, se establecerá el caudal correspondiente de acuerdo con la Tabla 5, la cual se obtiene utilizando la metodología Roy Hunter Modificado (ICONTEC, 2020, pág. 216).

Tabla 5. Equivalencia de las unidades de consumo en caudal (l/s)

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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

Sistema de suministro principalmente para sanitarios de Tanque						Sistemas de suministro principalmente para fluxómetro					
Carga	Demanda		Carga	Demanda		Carga	Demanda		Carga	Demanda	
Unidades de Aparato	Caudal		Unidades de Aparato	Caudal		Unidades de Aparato	Caudal		Unidades de Aparato	Caudal	
	gal/min	l/s		gal/min	l/s		gal/min	l/s		gal/min	l/s
1	3,0	0,19	50	29,1	1,83	-	-	-	50	50,0	3,15
2	5,0	0,32	60	32,0	2,02	-	-	-	60	54,0	3,40
3	6,5	0,41	70	35,0	2,21	-	-	-	70	58,0	3,65
4	8,0	0,50	80	38,0	2,40	-	-	-	80	61,2	3,85
5	9,4	0,60	90	41,0	2,58	5	15	0,95	90	64,3	4,05
6	10,7	0,67	100	43,5	2,74	6	17,4	1,10	100	67,5	4,25
7	11,8	0,74	120	48,0	3,02	7	19,8	1,25	120	73,0	4,60
8	12,8	0,81	140	52,5	3,31	8	22,2	1,40	140	77,0	4,85
9	13,7	0,86	160	57,0	3,60	9	24,6	1,55	160	81,0	5,10
10	14,6	0,92	180	61,0	3,84	10	27	1,70	180	85,5	5,39
11	15,4	0,97	200	65,0	4,09	11	27,8	1,75	200	90,0	5,67
12	16,0	1,00	225	70,0	4,41	12	28,6	1,80	225	95,5	6,02
13	16,5	1,04	250	75,0	4,73	13	29,4	1,85	250	101,5	6,39
14	17,0	1,07	275	80	5,04	14	30,2	1,92	275	104,5	6,58
15	17,5	1,10	300	85	5,36	15	31	1,95	300	108	6,80
16	18,0	1,13	400	105	6,62	16	31,8	2,00	400	127	8,00
17	18,4	1,16	500	124	7,81	17	32,6	2,05	500	143	9,01
18	18,8	1,18	750	170	10,71	18	33,4	2,10	750	177	11,15
19	19,2	1,21	1000	208	13,10	19	34,2	2,15	1000	208	13,10
20	19,6	1,23	1250	239	15,07	20	35	2,21	1250	239	15,06
25	21,5	1,35	1500	269	16,95	25	38	2,39	1500	269	16,95
30	23,3	1,47	1750	297	18,71	30	42	2,65	1750	297	18,71
35	24,9	1,57	2000	325	20,48	35	44	2,77	2000	325	20,48
40	26,3	1,66	2500	380	23,94	40	46	2,90	2500	380	23,94

45	27,7	1,74	3000	433	27,28	45	48	3,02	3000	433	27,28
----	------	------	------	-----	-------	----	----	------	------	-----	-------

Así mismo, el sistema de suministro interno se ajustará a los parámetros de diseño hidráulico propios de su funcionamiento, estos parámetros se describen a continuación:

1. Las tuberías de ½” de diámetro deberán ser de PVC RDE 9 (RDE: relación diámetro - espesor), las cuales admiten una presión de trabajo a 23 °C de 500 psi (352 m.c.a.).
2. Para tuberías de ¾” de diámetro deberán ser de PVC RDE 11 (RDE: relación diámetro – espesor), las cuales admiten una presión de trabajo a 23 °C de 400 psi (281,6 m.c.a.).
3. Para tuberías con diámetros superiores o iguales a 1”, las tuberías deberán ser de PVC RDE 21 (RDE: relación diámetro – espesor), las cuales admiten una presión de trabajo a 23 °C de 200 psi (140,8 m.c.a.).
4. Las tuberías que quedan expuestas al público se instalarán en hierro galvanizado de ½”.

#### 10.17.3.2.1.4. Pérdidas por accesorios

Los accesorios en una red producen una pérdida por fricción adicional a la de los tramos de tubería. Para tener en cuenta esta pérdida, se convierte en una longitud equivalente de tubería del mismo diámetro y calidad que produce el mismo efecto. Esta longitud se suma a los tramos rectos y luego se calcula la pérdida total.

Tabla 6. Longitudes equivalentes en metros de tubería rectilínea para el cálculo de las pérdidas por accesorios

Accesorio o válvula	Dimensión de tubería (Pulgadas)							
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
Codo de 45 grados	0,4(1,2)	0,5(1,5)	0,5(1,8)	0,7(2,4)	0,9(3,0)	1,2(4,0)	1,5(5,0)	1,8(6,0)
Codo de 90 grados	0,6(2,0)	0,8(2,5)	0,9(3,0)	1,2(4,0)	1,5(5,0)	2,1(7,0)	2,4(8,0)	3,1(10,0)
“T” de paso	0,2(0,6)	0,2(0,8)	0,3(0,9)	0,4(1,2)	0,5(1,5)	0,6(2,0)	0,8(2,5)	0,9(3,0)
“T” de ramificación	0,9(3,0)	1,2(4,0)	1,5(5,0)	1,8(6,0)	2,1(7,0)	3,1(10,0)	3,7(12,0)	4,6(15,0)
Válvula de compuerta	0,1(0,4)	0,1(0,5)	0,2(0,8)	0,2(0,8)	0,3(1,0)	0,4(1,3)	0,5(1,6)	0,6(2,0)
Válvula de balanceo	0,2(0,8)	0,3(1,1)	0,5(1,5)	0,6(1,9)	0,7(2,2)	0,9(3,0)	1,1(3,7)	1,4(4,5)
Llave tipo obturador	0,2(0,8)	0,3(1,1)	0,5(1,5)	0,6(1,9)	0,7(2,2)	0,9(3,0)	1,1(3,7)	1,4(4,5)

Válvula de retención	1,7(5,6)	2,6(8,4)	3,4(11,2)	4,3(14,0)	5,1(16,8)	6,8(22,4)	8,5(28,0)	10,2(33,6)
Válvula globo	4,6(15,0)	6,1(20,0)	7,6(25,0)	10,7(35,0)	13,7(45,0)	16,8(55,0)	19,8(65,0)	24,4(80,0)
Válvula de Ángulo	2,4(8,0)	3,7(12,0)	4,6(15,0)	5,5(18,0)	6,7(22,0)	8,5(28,0)	10,4(34,0)	12,2(40,0)

#### 10.17.3.2.1.5. Velocidad de diseño

De acuerdo con el Código Colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias (Norma ICONTEC NTC 1500, Cuarta actualización-2020), el dimensionamiento de las redes de agua potable estará acorde a lo estipulado en la Tabla 7, teniendo en cuenta la demanda.

Tabla 7. Dimensionamiento del múltiple (Manifold)

Dimensión nominal diámetro interno (pulgadas)	Máxima demanda L/min (g/min)	
	Velocidad a 1,22 m/s (4 pies/s)	Velocidad a 2,44 m/s (8 pies/s)
(½)	7,6 (2)	19 (5)
(¾)	23 (6)	42 (11)
(1)	38 (10)	76 (20)
(1 ¼)	57 (15)	117 (31)
(1 ½)	83 (22)	166 (44)

Fuente: ICONTEC. NTC 1500 Código Colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias (2020).

- Disminuyen las pérdidas hidráulicas
- Atenúan los efectos del golpe de ariete
- Reducen el desgaste interior de las tuberías por erosión
- Evitan la cavitación en tuberías, especialmente en maquinaria hidráulica

La velocidad máxima de diseño debe ser de 2 m/s para tubería de diámetro inferior a 76,2 mm, para diámetros de 76,2 mm o mayores la velocidad máxima debe ser 2,50 m/s, o aquella recomendada por el fabricante.

#### 10.17.3.2.1.6. Tipo de tuberías y presiones de trabajo

La tubería proyectada será de PVC que tiene un coeficiente de Hazen – Williams C de 150 y una rugosidad absoluta Ks de 0,0015 mm, la unión deberá hacerse mediante pegado con sistema de soldadura PVC, con las cuales se obtiene:

- Facilidad de instalación.
- Deflexión normal para ajustarse al terreno (máx. 3°)
- Garantiza hermeticidad en las uniones.
- Mayor rapidez en su instalación.
- Resistente a la agresividad del suelo.

Las tuberías seleccionadas serán de PVC 9, 11, 13,5 y 21 (RDE: relación diámetro – espesor), las cuales admiten una presión de trabajo a 23°C entre 500 psi y 200 psi respectivamente.

Se obtendrá el factor de fricción según el material de la tubería, con el valor f obtenido y aplicado en la ecuación de Darcy – Weissbach, asumiendo la velocidad como la relación entre el caudal y el área transversal del tubo se obtendrán las pérdidas por fricción, luego iterando se regresará a la ecuación de Darcy – Weissbach en donde se despejará la velocidad real del flujo:

$$V^2 = \frac{2 \times g \times h_f}{f \times \frac{L}{D}}$$

Donde:

V es la velocidad (m/s)

g es la aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

hf es la pérdida por fricción (adimensional)

f es el factor de fricción de Darcy

L es la longitud de la tubería (m)

D es el diámetro de la tubería (m)

#### 10.17.3.2.1.7. Accesorios para el control hidráulico en la conducción

Se deberá prever de acuerdo con la norma NS 024 de la Empresa de Acueducto de Bogotá, EAAB-ESP, Acometida domiciliaria de acuerdo con la distribución y conexiones que tenga cada estación, las válvulas de control y medición localizadas en la cajilla de registro, registros de corte en las llaves que quedan expuestas al público.

#### 10.17.3.2.1.8. Descripción general del sistema hidráulico de agua potable

El sistema de suministro de agua potable será abastecido por la red secundaria adyacente a la estación operada por la EAAB-ESP, la cual proporciona la presión y caudal necesario para los requerimientos del total de unidades de servicio. El cálculo del caudal se realizará con la metodología de Hunter, que permite establecer un caudal para cada unidad instalada. Se diseñarán las redes de agua potable y agua lluvia. El cálculo de caudales se llevará a cabo con la metodología de Hunter, que permite establecer un caudal para cada unidad instalada, la red de acometida se conectará desde la red menor proyectada, pasando por un medidor hasta los puntos de servicio directamente.

#### 10.17.3.2.2. Red de drenaje sanitario

La red de drenaje de aguas residuales corresponderá al sistema de evacuación de las aguas residuales domésticas de las CCO. Las descargas se realizarán a los pozos existentes y proyectados.

Es importante tener en cuenta que las aguas negras serán las provenientes de los sanitarios, sifones de piso, lavamanos y pocetas de aseo de las edificaciones anteriormente mencionadas.

##### 10.17.3.2.2.1. Caudal de diseño de la red de drenaje sanitario

Para el dimensionamiento de las instalaciones sanitarias se utilizará el método de unidades sanitarias modificado de Hunter (ICONTEC, 2017) descrito en la Tabla 8, teniendo en cuenta el número de aparatos sanitarios proyectados para cada edificio, el número de unidades aplicado a los diferentes aparatos sanitarios.

La estimación del caudal de diseño se determinará a partir del caudal máximo probable obtenido mediante los caudales correspondientes a las unidades de fluxómetros en la Tabla 8.

Tabla 8. Unidades de los aparatos según el método de Hunter

Aparato	Unidades Sanitarias
Sanitario de Tanque	4
Lavamanos	1
Desagüe de piso	2

Fuente: ICONTEC. NTC 1500 Código Colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias. (2017). Tabla 8.9.1, pág. 140.

##### 10.17.3.2.2.2. Cálculo de caudales

Una vez se determina el número de unidades abastecidas para el CCO, se establecerá el caudal correspondiente que se obtiene utilizando la metodología Roy Hunter Modificado (ICONTEC, NTC 1500-2020).

#### 10.17.3.2.2.3. Velocidad de diseño y fuerza tractiva

El procedimiento de cálculo se basa en suponer que el flujo es uniforme en el conducto y como tal; el análisis se ha efectuado empleando la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V es la velocidad media, (m/s)

n es el coeficiente de rugosidad de Manning (m<sup>1/3</sup>/s)

R es el radio hidráulico, (m)

S es la pendiente de la línea de energía, (m/m)

#### 10.17.3.2.2.4. Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad de Manning dependerá de las características de la tubería y de los materiales de construcción de esta, los cuales serán establecidos según las normas indicadas en este documento.

#### 10.17.3.2.2.5. Velocidad mínima

La norma NTC 1500 establece que “la pendiente de la tubería sanitaria debe ser tal que garantice su capacidad para evacuar el caudal de diseño, con una velocidad comprendida entre 0,60 m/s y 5,0 m/s (condiciones a tubos llenos) o mínimo 0,15 kg/m<sup>2</sup> de fuerza tractiva” para las redes internas” (ICONTEC, NTC 1500, cap. 8.4.1 - 2017).

#### 10.17.3.2.2.6. Diámetro mínimo

El máximo número de unidades de desagüe de aparatos conectados a un alcantarillado de la edificación, desagüe de la edificación o ramal horizontal del desagüe de la edificación de un determinado tamaño, deberá determinarse usando la Tabla 9 (tabla 8.10.1 (1) de la NTC 1500, pág. 142).

Tabla 9. Máximo número de unidades de desagüe

Diámetro de la tubería (pulgadas)	Máximo número de unidades de desagüe de aparatos conectados a cualquier porción del desagüe o alcantarillado de la edificación, incluyendo los ramales del desagüe de la edificación
-----------------------------------	--

	Pendiente en % (pendiente pulgada por pie)			
	0,5% (1/16)	1,0% (1/8)	2,0% (1/8)	4,0% (1/8)
1 1/4	-	-	1	1
1 1/2	-	-	3	3
2	-	-	21	26
2 1/2	-	-	24	31
3	-	-	42	50
4	-	-	216	250
6	-	36	480	575

#### 10.17.3.2.2.7. Tipo de tubería de la red de drenaje sanitario

La red externa de drenaje sanitario se diseñará con tuberías en PVC para alcantarillado fabricadas bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 3722,3 (ICONTEC, 2012), los diámetros de la tubería serán definidos de acuerdo con los cálculos realizados. Las tuberías se conectarán mediante pozos de inspección de 1,20 m de diámetro, que descargarán a un pozo de inspección perteneciente a la red de drenaje sanitario proyectado y existente.

#### 10.17.3.2.3. Red de drenaje pluvial

El diseño del drenaje pluvial de las cubiertas se realizará siguiendo los lineamientos establecidos por la empresa de servicios públicos EAAB-ESP, así mismo, se tienen en cuenta los criterios establecidos en la norma NTC 1500 (ICONTEC, 2020) Cuarta actualización.

##### 10.17.3.2.3.1. Caudal de diseño

La determinación de los caudales de diseño de la red de drenaje se llevará a cabo con el Método Racional (RAS- Resolución 0330- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio y la NS-085), el cual estima el caudal suponiendo una intensidad uniforme de la precipitación durante el tiempo de concentración en el área de acción. Este método es aplicable a cuencas donde el área de drenaje es inferior a 0,8 km<sup>2</sup> y se define mediante la siguiente ecuación.

$$Q = 2,78 * C * I * A$$

Donde:



Q es el caudal máximo ( $m^3/s$ )

C es el coeficiente de escorrentía (adimensional)

I es la intensidad máxima del aguacero de diseño (mm/hr)

A es el área de drenaje ( $km^2$ )

#### 10.17.3.2.3.2. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación entre el pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación en una tormenta. Este parámetro es función del tipo del suelo del área tributaria, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de todos aquellos factores que determinan qué parte de la precipitación se convierte en escorrentía.

Se determinará el valor del coeficiente de escorrentía “C” siguiendo las recomendaciones de la norma técnica de la EAAB ESP, (Véase Tabla 100).

Tabla 10. Coeficientes de escorrentía

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)				
	5	10	25	50	100
<b>Áreas desarrolladas</b>					
Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>					
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51
<b>Áreas no desarrolladas</b>					
<b>Área de cultivos</b>					
Plano, 0-2%	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47
Promedio, 2-7%	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51
Pendiente superior a 7%	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54
<b>Pastizales</b>					
Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
<b>Bosques</b>					
Plano, 0-2%	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39
Promedio, 2-7%	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47
Pendiente superior a 7%	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52

Fuente: Tomado de EAAB-ESP. Norma Técnica. NS-085, V. 4.1.

#### 10.17.3.2.3.3. Intensidad de la precipitación

De acuerdo con lo establecido en la norma NS-085 de la EAAB, la intensidad de precipitación se determinará a partir del periodo de retorno, frecuencia y duración de la tormenta de diseño. Los datos para diferentes periodos de retorno serán empleados una vez se reciba la información por parte de la EAAB ESP.

$$I \left( \frac{mm}{h} \right) = C_1 \cdot (Duración(\text{minutos}) + X_0)^{C_2}$$

Donde los valores de los coeficientes  $C_1$ ,  $X_0$  y  $C_2$  serán suministrados por la EAAB ESP.

#### 10.17.3.2.3.4. Periodo de retorno y tiempo de concentración

El dimensionamiento de los colectores verticales y horizontales para los desagües de las edificaciones de agua pluvial será basado en el caudal de precipitación para una hora en un intervalo de 100 años de acuerdo con el capítulo 12.6.1 de la NTC 1500 Cuarta actualización-2020.

#### 10.17.3.2.3.5. Velocidad de diseño y fuerza tractiva

Para el cálculo de estos parámetros se supone flujo uniforme con lo cual el análisis se efectúa empleando la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V es la velocidad media (m/s)

n es el coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

R es el radio hidráulico (m)

S es la pendiente de la línea de energía (m/m)

#### 10.17.3.2.3.6. Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad de Manning dependerá de las características de la tubería y de los materiales de construcción de esta, los cuales serán establecidos según las normas indicadas en el numeral 2.3.1 de este documento.

#### 10.17.3.2.3.7. Velocidad mínima

La velocidad mínima será aquella que permita que las condiciones del sistema de autolimpieza cumplan con el criterio de fuerza atractiva, como lo indica el capítulo 4.4.4 de la norma NS-085 de la EAAB-ESP.

#### 10.17.3.2.3.8. Diámetro interno mínimo

El diámetro mínimo de las redes pluviales se estipulará con base en la norma Icontec NTC 1500, de acuerdo con la relación que se indica en la tabla 12.6.3 (Dimensionamiento de la tubería horizontal de desagües de aguas lluvias), de dicho documento.

10.17.3.2.3.9. Dimensionamiento de las bajantes para las cubiertas

El caudal que puede transportar una bajante está en función de la relación del área del anillo de agua pegado a las paredes con el área total de la sección, (Granados, 2002) El caudal que puede transportar una bajante está expresado por la siguiente ecuación.

$$q = 1,754 * r^{5/3} * d^{8/3}$$

Donde:

q es el caudal puede transportar la bajante (l/s)

r es la relación del área del anillo de agua de la sección de la tubería (r=7/24)

d es el diámetro de la bajante (pulgadas)

En la Tabla 111 se indican los valores de caudal para diferentes diámetros y diferentes relaciones de r.

Tabla 11. Valores de caudal

Diámetro pulgadas	Caudal (l/s)		
	r=1/4	r=7/24	r=1/3
2	1,10	1,43	1,78
3	3,26	4,21	5,26
4	7,02	9,07	11,36
6	20,09	26,75	33,41
8	44,55	57,60	71,96
10	80,77	104,43	130,47
12	131,34	169,82	212,15

Fuente: (Granados, 2002)

El área que puede drenar una bajante de diferentes diámetros para diferentes intensidades de lluvia está dada en la Tabla 12. Donde se asumirá que el agua está ocupando 7/24 del área total, dejando el resto para el cilindro de aire que se forma en el centro.

Tabla 12. Áreas máximas para bajantes de aguas lluvias (m²)

Intensidad (mm/h)	Diámetro de las bajantes (pulgadas)
----------------------	-------------------------------------

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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

	2	2 1/2	3	4	6	8
50	132	240	402	841	2469	5303
75	88	160	268	560	1645	3535
100	66	120	201	420	1234	2652
125	53	95	161	336	987	2121
150	44	80	134	281	823	1766
200	33	60	101	210	617	1326

Fuente: Robayo (2002)



**Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero**

**Entregable 4**  
**Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte**  
**Anexo A**

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC



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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-03-2022	Integración general de modificaciones solicitadas	Observaciones de FDN/Interventoría/EMB. Se asigna el capítulo al Apéndice 5 del Anexo H
C	05-05-2022	-	Observaciones del Ministerio de Transporte. Se reasigna el capítulo a la Sección 10 del Anexo A

### REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 18-05-2022
Director de estructuración

### REVISIÓN Y APROBACIÓN

Revisó:  O. Véliz 05-05-2022	Revisó:  F. Faria 05-05-2022	Revisó:  C.L. Umaña 05-05-2022	Aprobó:  J.M. Martínez 05-05-2022
VoBo. Director Técnico	VoBo. Director Financiero	VoBo. Director Legal	VoBo. Director General de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO .....	5
10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN .....	5
10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL.....	5
10.17.4 Mecánica.....	5
10.17.4.1 Sistema de extinción de incendios .....	5
10.17.4.1.1. Normatividad.....	5
10.17.4.1.1.1. Normatividad Nacional.....	5
10.17.4.1.1.2. Normatividad Internacional .....	6
10.17.4.1.2. Criterios de Diseño Generales.....	6
10.17.4.1.3. Protección con hidrantes .....	7
10.17.4.1.3.1. Caudal de diseño de la red de hidrantes .....	7
10.17.4.1.3.2. Tiempo de suministro del sistema de hidrantes.....	7
10.17.4.1.3.3. Presión de diseño del sistema de hidrantes .....	7
10.17.4.1.3.4. Número de hidrantes requeridos .....	7
10.17.4.1.3.5. Ubicación de hidrantes .....	8
10.17.4.1.3.6. Bloques de empuje .....	9
10.17.4.1.3.7. Dimensionamiento del sistema de hidrantes .....	11
10.17.4.1.4. Protección con gabinetes .....	11
10.17.4.1.4.1. Caudal de diseño de la red de gabinetes .....	11
10.17.4.1.4.2. Tiempo de suministro del sistema de gabinetes.....	11
10.17.4.1.4.3. Presión de diseño del sistema de gabinetes .....	11
10.17.4.1.4.4. Número de gabinetes requeridos.....	12
10.17.4.1.4.5. Ubicación de gabinetes.....	12
10.17.4.1.4.6. Dimensionamiento del sistema de gabinetes .....	12
10.17.4.1.5. Protección con rociadores automáticos.....	13
10.17.4.1.5.1. Caudal de diseño del sistema de rociadores .....	13
10.17.4.1.5.2. Tiempo de suministro del sistema de rociadores.....	14
10.17.4.1.5.3. Número de rociadores requeridos .....	15
10.17.4.1.5.4. Número de rociadores activos .....	15
10.17.4.1.5.5. Número de risers (puestos de control).....	15
10.17.4.1.5.6. Diámetro de tubería.....	16
10.17.4.1.5.7. Dimensionamiento del sistema de rociadores .....	16
10.17.4.1.6. Protección con boquillas abiertas .....	17



10.17.4.1.6.1. Parámetros de diseño.....	17
10.17.4.1.6.2. Dimensionamiento del sistema de agua pulverizada.....	18
10.17.4.1.5. Cuarto de bombas .....	19
10.17.4.1.5.1. Bomba principal .....	19
10.17.4.1.5.2. Bomba de respaldo.....	20
10.17.4.1.5.3. Bomba sostenedora de presión .....	21
10.17.4.1.5.4. Conexiones para bomberos.....	21
10.17.4.1.5.5. Cabezal de pruebas.....	22
10.17.4.1.5.6. Soportes de tubería .....	22
10.17.4.1.5.7. Tanque de reserva.....	22
10.17.4.1.5.8. Línea de retorno de seguridad.....	23
10.17.4.1.5.9. Línea de retorno de prueba .....	24
10.17.4.1.6. Línea de distribución de agua.....	24
10.17.4.1.6.1. Tubería aérea .....	24
10.17.4.1.6.2. Tubería enterrada .....	24
10.17.4.1.7. Protección con extintores portátiles.....	25
10.17.4.1.8. Protección con agente limpio.....	25
10.17.4.1.9. Anexos.....	26
10.17.4.2 Sistema de ventilación.....	26
10.17.4.2.1 Descripción de los sistemas .....	26
10.17.4.2.1.1. Sistema de suministro de aire.....	26
10.17.4.2.1.2. Sistema de extracción de aire.....	27
10.17.4.2.1.3. Aire acondicionado de precisión .....	27
10.17.4.2.1.4. Sistemas de climatización para áreas administrativas .....	27
10.17.4.2.2 Normativa Aplicable.....	27
10.17.4.2.3 Procedimiento de cálculo para dimensionamiento y selección de equipos.....	28

## A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO

### 10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN

#### 10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL

##### 10.17.4 Mecánica

###### 10.17.4.1 Sistema de extinción de incendios

A partir de los requerimientos de protección de la NSR-10 y la NFPA se establecen los sistemas de protección contra incendio para proteger la vida de las personas dentro de las instalaciones. En este capítulo se presentan los aspectos relevantes para el cálculo y definición de estos sistemas.

###### 10.17.4.1.1. Normatividad

Se presenta la normatividad nacional e internacional aplicable al proyecto.

###### 10.17.4.1.1.1. Normatividad Nacional

- Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 (v.2019), correspondiente a la tercera actualización, expedida por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Reglamento de Construcciones Sismo-Resistentes o la norma vigente en caso de actualización.
- NS-128 (v. 2009) Lineamientos Generales para Diseño y Construcción de Instalaciones Hidrosanitarias Internas y Sistemas Contra - Incendio.
- NTC 2885 (v.2009) Extintores portátiles contra incendios.
- NTC 1669 (v.2009) Norma para la instalación de conexiones de mangueras contra incendio.
- NTC 2301 (v.2011) Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- NTC 2702 (v.1997) Hidrantes de cuerpo seco contra incendios.
- RAS Título B Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Título B.
- NTC 2050 (v.1998) Código Eléctrico Colombiano.
- RETIE (v.2013) Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- Normativa urbanística de aplicación de los municipios que atraviesa el sistema férreo a diseñar, incluyendo sus Planes de Ordenamiento Territorial vigentes al momento de realizar los diseños.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP
- Normas Técnicas Colombianas (NTC), entre las cuales se destacan, sin limitarse a estas:
  - NTC 6047 – Accesibilidad al Medio Físico.
  - NTC 414 – Accesibilidad a Edificios y Espacios Urbanos.
  - NTC 5183 – Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores
  - NTC 4139 – Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte a la población en general y en especial de las personas con discapacidad.

- Normas y Especificaciones vigentes de Diseño y Construcción de EAAB, ETB, ENEL
- Ley 361 de 1997 – Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas en situación de discapacidad y se dictan otras disposiciones.

#### 10.17.4.1.1.2. Normatividad Internacional

- NFPA 130 (v. 2020): Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. National Fire Protection Association.
- NFPA 70 (v.2020) National Electric Code (NEC).
- NFPA 10 (v.2022) Portable Fire Extinguishers.
- NFPA 12 (v.2022) Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems
- NFPA 13 (v.2022) Standard for the Installation of Sprinkler Systems.
- NFPA 14 (v.2019) Standpipe and Hose Systems.
- NFPA 15 (v.2022) Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.
- NFPA 20 (v.2022) Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- NFPA 22 (v.2018) Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
- NFPA 24 (v.2022) Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and their Appurtenances.
- NFPA 25 (v. 2020) Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems
- NFPA 30 (v.2021) Flammable and Combustible Liquids Code.
- NFPA 30A (v. 2021) Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages
- NFPA 72 (v.2022) National Fire and Signaling Code.
- NFPA 80 (v.2022) Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives.
- NFPA 170 (v.2021) Standard for Fire Safety and Emergency Symbols.
- NFPA 221 (v.2021) Standard for High Challenge Fire Walls, Fire Walls, and Fire Barrier Walls.
- NFPA 2001 (V.2022) Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.
- UL Underwriter Laboratories" Fire Protection Equipment Directory.
- FM Factory Mutual.
- Normas UIC - International Union of Railways.
- Eurocodes. CEN. European Committee for Standardization.
- Normas EN

#### 10.17.4.1.2. Criterios de Diseño Generales

Los diseños del sistema de extinción de incendios se harán cuando se tenga la arquitectura definida del CCO, sin embargo se deben tener en cuenta algunos criterios establecidos según la normativa vigente:

- Los extintores portátiles solicitados para las obras de construcción se instalarán de acuerdo a la NFPA 25, NTC 2885 y NFPA 10.
- Los hidrantes en los túneles tendrán suministro desde el CCO y estarán dispuestos de acuerdo a la NFPA 130, NTC 1669 y NFPA 14.
- El sistema de bombeo estará diseñado con base en la NFPA 24 y NFPA 20, a partir de la mayor demanda de caudal y presión. El tanque de reserva contra incendio se establecerá a partir de la mayor demanda de agua y tiempo, con base en la NFPA 22.
- Las especificaciones de los gabinetes y tomas de manguera seguirán las directrices de la NFPA 130, NTC 1669 y NFPA 14.

- Se instalarán interruptores de emergencia eléctrica cerca a los gabinetes y tomas de manguera del túnel para poder cortar la tensión a la línea de contacto.
- Las salidas de emergencia de los túneles serán protegidas de acuerdo con la NFPA 130.
- Las salidas de emergencia del CCO serán protegidas de acuerdo con la NFPA 130.
- Todos los sistemas de protección contra incendio serán diseñados a partir de la normativa NFPA y NTC correspondientes.

#### *10.17.4.1.3. Protección con hidrantes*

Los hidrantes son tomas de manguera Clase I para los vehículos del cuerpo de bomberos, se abastecen del tanque de almacenamiento del Sistema Contra Incendio y son mandatorios para cualquier tipo de construcción (NSR-10:J.2.4.4, NTC 2702).

Se instala por lo menos un hidrante cada 5.000 m<sup>2</sup> de área construida, o densidades mayores para edificios listados en la Tabla 2.2, como por ejemplo un hidrante por cada 500 m<sup>2</sup> de área de almacenamiento (NSR-10:J.2.4.4).

Los hidrantes deben ser de parte superior roja (NSR-10:J.2.4.4.1) para un caudal de operación de 250 gpm (15,77 l/s) cada uno (NFPA 14:7.10.1.1.3).

##### *10.17.4.1.3.1. Caudal de diseño de la red de hidrantes*

La norma NFPA 14 en el numeral 7.10.1.1.2 contempla que cuando una red principal (horizontal) abastece tres o más conexiones de manguera, el caudal mínimo es de 750 gpm (2.850 l/min), y que los cálculos hidráulicos y diámetros deben estar basados en un suministro de 250 gpm (950 l/min) en cada una de las tres conexiones más remotas hidráulicamente.

##### *10.17.4.1.3.2. Tiempo de suministro del sistema de hidrantes*

De acuerdo con el numeral 9.2 de la NFPA 14, el tiempo de suministro de agua mínimo es de 30 minutos.

##### *10.17.4.1.3.3. Presión de diseño del sistema de hidrantes*

En la norma NFPA 14 se encuentra previsto que la presión residual mínima en cada hidrante es de 100 psi (numeral 7.8.1), mientras que la máxima es de 175 psi (numeral 7.2.3.2). Estas presiones deben cumplirse para los 3 hidrantes hidráulicamente más remotos según la NFPA 14: 7.8.1.

##### *10.17.4.1.3.4. Número de hidrantes requeridos*

De acuerdo a la NSR-10: Tabla J.2.4-1 (ver Tabla 1) se determina el número mínimo de hidrantes que requiere cada edificación con base en su uso.

Tabla 4. Densidad mínima de hidrantes por ocupación. NSR-10: Tabla J.2.4-1.

Edificación	Área / hidrante, m <sup>2</sup>
Edificios cuya altura de evacuación descendente sea más de 28 metros o ascendente de más de 6 metros.	500
Cines, teatros, auditorios y discotecas.	500
Recintos deportivos.	500
Locales comerciales.	1 000
Estacionamientos.	1 000
Hospitales	500
Residencias	5 000
Atención al público	500
Educación	1 000
Almacenamiento	500

#### 10.17.4.1.3.5. Ubicación de hidrantes

La NSR-10:J.2.4.5 indica que por lo menos un hidrante esté situado a no más de 100 m del acceso de cada edificio, que los demás se encuentren razonablemente repartidos por el perímetro, y sean accesibles para los vehículos del servicio del cuerpo de bomberos, lo que permite compartir el área de cobertura de los hidrantes que atienden accesos a otros edificios como hidrantes perimetrales.

De acuerdo con la NSR-10: J.2.4.4-8, todo el lote debe protegerse con hidrantes de la siguiente manera:

- Se instalarán hidrantes tipo tráfico en todo el perímetro del lote.
- Todos los edificios se protegerán con hidrantes sin excepción.
- Los edificios se protegerán con un hidrante cada 500 m<sup>2</sup>.
- Los hidrantes tendrán un radio de cobertura de 61 m, correspondientes a 30 m de manguera y 31 m de chorro.
- Los hidrantes quedarán sobre andén o sobre zona verde.

Así mismo, se tiene en cuenta lo indicado por el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS: 7.7.12:

- Se ubican de preferencia en las esquinas, en las intersecciones de dos calles y sobre la acera, para un mejor acceso.
- Los hidrantes instalados en andenes, se instalan a una distancia no mayor a 0.5 m del borde exterior hacia adentro.
- Aquellos instalados sobre la zona verde, se instalan a una distancia mayor a 0.5 m del borde exterior del cordón vial.
- Se instalan alejados de obstáculos que impidan su correcto uso.
- No se localizan en las calzadas de las vías, ni contiguos a postes u otros obstáculos que no permitan su correcto uso en caso de incendio.
- Las bocas de los hidrantes deben quedar hacia la calle.
- Se deben usar tantas extensiones como sean necesarias para que el hidrante quede saliente en su totalidad por encima del nivel del terreno.

De acuerdo con lo indicado en la Norma NFPA 24: 7.1.1, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones para los hidrantes:

- Los hidrantes de una red privada se colocan en las inmediaciones de los edificios, en la parte exterior. Estos se abastecen del tanque de almacenamiento del sistema contra incendio y deben ser accesibles para los vehículos del servicio del cuerpo de bomberos.
- Los hidrantes deben ser abastecidos por medio de una tubería de DN150 (6") o superior.
- Se debe instalar una válvula de control en la conexión de cada hidrante, la cual debe estar instalada dentro de los 6,1 m del hidrante.
- La mínima presión residual para los hidrantes recomendada por la NFPA 24 es de 20 psi (1,4 bar) para conexión a vehículo de bomberos.
- De acuerdo con lo especificado en la norma NFPA 24 - Figura A.7.3.1, para realizar la conexión de los hidrantes se debe tener en cuenta lo siguiente:

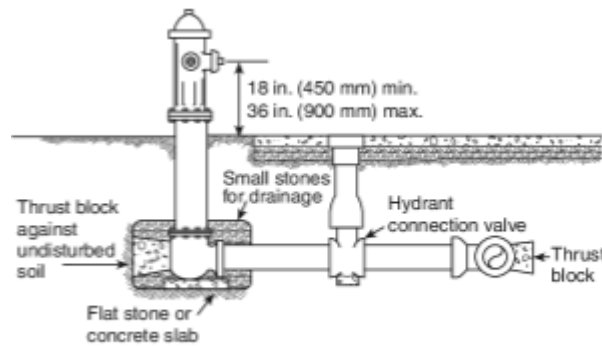


FIGURE A.7.3.1 Typical Dry Barrel Hydrant Connection.

Figura 1. Conexión típica de hidrantes.

También se presentan los requisitos de la NFPA 14:

- Operación de mínimo 30 minutos.
- Demanda de 250 gpm (950 l/min) por salida de DN65 (2½").
- Los hidrantes tipo tráfico tienen dos salidas de DN65 (2½").
- Para diseños con más de 2 puntos de conexión, el diseño se debe asumir para 3 tomas simultáneas, con un total de 750 gpm (2.850 l/min).
- Se espera un consumo de 85.500 litros para el sistema de hidrantes.
- Para tomas de manguera de DN65 (2½") se requiere entregar entre 100 y 175 psi.

#### 10.17.4.1.3.6. Bloques de empuje

Conforme a la normativa NFPA 24:10.6 la tubería de suministro de agua para sistemas contra incendio debe contar con un método de restricción de movimiento en los cambios de dirección. Este tipo de restricción puede estar dado por bloques de empuje (NFPA 24:10.6.1), uniones de restricción (NFPA 24:10.6.2), o métodos de unión específicos (NFPA 24: 10.6.3). Las conexiones roscadas, ranuradas, soldadas, unidas por termofusión o químicamente, no requieren métodos de restricción adicionales, siempre que dichas conexiones pasen la prueba hidrostática.

Así mismo, en el Manual AWWA M55, Capítulo 8 "Installation – Thrust Blocks" se enuncia que: "Los sistemas de tuberías de presión ANSI / AWWA C906 que están unidos por fusión térmica, electro-fusión, bridas y adaptadores MJ están

completamente restringidos y no requieren fijaciones de articulación externas o anclajes de articulación de bloque de empuje". Por lo tanto, la tubería enterrada no requiere bloques de empuje o sistemas de restricción de movimiento adicionales a la conexión de la tubería por termo-fusión como se indica en los planos de montaje y en este documento. Por otra parte, el afloramiento de tubería para hidrantes en hierro fundido y conexiones bridadas requiere un sistema de restricción adicional.

A continuación se muestra el cálculo de la fuerza estática en los cambios de dirección para el dimensionamiento de los bloques de empuje en estos puntos según la normativa NFPA 24:10.6.1.

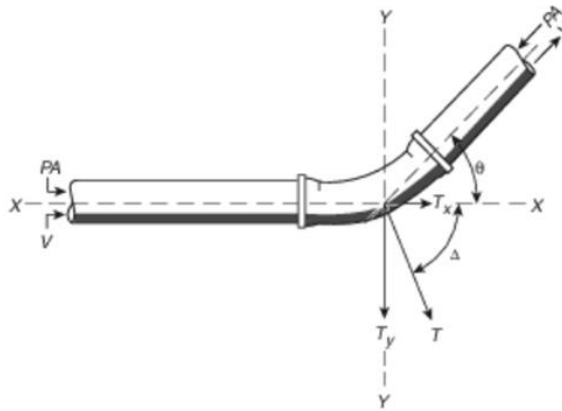


Figura 2. Fuerzas actuantes en cambio de dirección.

$$\Delta = \left(90 - \frac{\theta}{2}\right)$$

$$A = 36\pi(D')^2$$

Ecuación 10. Ángulo de fuerza resultante

Ecuación 11. Área transversal

$$T_x = PA(1 - \cos\theta)$$

Ecuación 12. Fuerza resultante paralela

$$T_y = PA \sin\theta$$

Ecuación 13. Fuerza resultante perpendicular

$$T = 2PA \sin \frac{\theta}{2}$$

Ecuación 14. Fuerza total resultante

Donde:

T = Fuerza estática resultante por el cambio de dirección en el flujo (lbf).

$T_x$  = componente de la fuerza estática actuando paralelo a la dirección original del flujo (lbf).

$T_y$  = componente de la fuerza estática actuando perpendicular a la dirección original del flujo (lbf).

P = Presión del agua (psi).

A = Área transversal calculada a partir del diámetro externo de la tubería (in<sup>2</sup>).

$\Delta$  = Ángulo de fuerza resultante respecto a la dirección original del flujo.

$\theta$  = Ángulo de desviación a la dirección original del flujo (90°).

#### *10.17.4.1.3.7. Dimensionamiento del sistema de hidrantes*

Con base en los requerimientos de la norma NSR-10, RAS 2010, NFPA 14 y NFPA 24, disponibilidad comercial de materiales y facilidad de montaje, se escogen las siguientes características para el sistema:

- Los hidrantes que van a proteger el CCO se suponen públicos y/o de cobertura compartida con el resto de la estación.
- Los hidrantes que protegen el CCO deben cumplir con lo estipulado en este capítulo.

#### *10.17.4.1.4. Protección con gabinetes*

Los edificios que requieren la instalación de gabinetes son especificados en la norma NSR-10: J.4.3, y son diseñados y ubicados según las normas NTC 1669 y NFPA 14. En caso de ser demandados deben tener un área de cobertura conjunta que incluya todos los recintos del edificio.

El gabinete Clase III consiste en un juego de accesorios que contiene hacha, llave Spanner, extintor ABC, una válvula angular para conexión de manguera de bomberos de 2½" y una válvula angular con manguera conectada y contenida de 1½" y 30 metros de longitud (NFPA 14: 3.3.22.3).

El material de la tubería será de acero ASTM A-53 Grado B, sin costura, SCH 40, ranurado para la línea de suministro y roscado en los gabinetes.

#### *10.17.4.1.4.1. Caudal de diseño de la red de gabinetes*

Según las normas NTC 1669:7.10.1.12 y NFPA 14: 7.10.1.1.2, la demanda de una red principal que abastece tres o más conexiones de manguera, el caudal mínimo es de 750 gpm (2.850 l/min), así como que los cálculos hidráulicos y diámetros deben estar basados en un suministro de 250 gpm (950 l/min) en cada una de las tres conexiones más remotas hidráulicamente.

#### *10.17.4.1.4.2. Tiempo de suministro del sistema de gabinetes*

El tiempo de suministro de agua mínimo de acuerdo a la NFPA 14: 9.2 es de 30 minutos.

#### *10.17.4.1.4.3. Presión de diseño del sistema de gabinetes*

Para la conexión de 1½" (40 mm) la presión residual debe ser entre 65 y 100 psi, mientras que en la de 2½" (65 mm) debe ser entre 100 y 175 psi (NFPA14, incisos 7.2.3.1 a 2 y 7.8.1). Cuando las presiones residuales en los puntos de conexión superen las máximas establecidas se debe instalar una válvula reguladora de presión para limitar la presión residual en el flujo (NFPA 14: 7.2.3.1), sin embargo el tipo de válvula angular tiene incorporado un sistema de reducción de presión calibrado, lo que simplifica el diseño.



Estas presiones deben cumplirse para los 3 gabinetes hidráulicamente más remotos según la NFPA 14: 7.8.1.

#### *10.17.4.1.4.4. Número de gabinetes requeridos*

Los gabinetes Clase III son ubicados de tal forma que no excedan una distancia de 61 m hasta el punto más lejano a proteger en edificios con sistema de rociadores automáticos, y de 39,7 m para edificios sin sistema de rociadores automáticos (NFPA 14, incisos 7.3.2.2.1.1 y 2).

#### *10.17.4.1.4.5. Ubicación de gabinetes*

Cada gabinete debe contar con una señalización visible y debe ser claramente identificable (NFPA 14: 6.3.8). Las válvulas se deben ubicar a una altura no menor de 0,9 m ni mayor a 1,5 m sobre el nivel del piso, con libre acceso y sin obstrucciones (NFPA 14: 7.3.1.1).

Los gabinetes se ubican preferiblemente en las salidas y corredores de emergencia (NFPA 14, incisos 7.3.2 y 7.3.4).

#### *10.17.4.1.4.6. Dimensionamiento del sistema de gabinetes*

De acuerdo a la NSR-10: J.4.3.5, se seleccionan las áreas que requieren la protección con mangueras. Esta protección es compartida entre hidrantes y gabinetes. La protección con gabinetes se determina cuando el alcance de la manguera (30 m) y un chorro de 9,7 m no es suficiente para atender todos los recintos desde el hidrante más cercano. A partir de la NSR-10, el sistema de gabinetes se diseña a partir de la NFPA 14 vigente.

Con base en los requerimientos de la norma NFPA 14, disponibilidad comercial de materiales y facilidad de montaje, se escogen las siguientes características para el sistema:

- Se deben instalar gabinetes de red húmeda ubicados de tal forma que no excedan una distancia hasta el punto más lejano a proteger de 61 m para edificaciones con sistema de rociadores automáticos y de 39,7 m para edificaciones sin sistema de rociadores automáticos.
- Se opta por gabinetes Clase III, considerando la posibilidad de que se cuente con tomas de manguera de DN40 (1½") para uso de brigadistas o personal capacitado, y con conexiones de manguera de DN65 (2½") para el uso del departamento de bomberos.
- El gabinete Clase III consiste en un juego de accesorios como hacha, llave spanner, extintor ABC de 20 lb, válvula angular para conexión de manguera de bomberos de DN65 (2½") y válvula angular con manguera conectada y contenida de DN40 (1½") y 30 metros de longitud. Las válvulas se ubican a una altura no menor de 0,9 m ni mayor a 1,5 m sobre el nivel del piso.
- Para la conexión de DN40 (1½") se requiere entregar de 65 a 100 psi. Para la conexión de DN65 (2½") se requiere entregar entre 100 y 175 psi. Cuando las presiones residuales en los puntos de conexión superen las máximas establecidas se debe instalar una válvula reguladora de presión para limitar la presión residual en el flujo, sin embargo el tipo de válvula angular tiene incorporado un sistema de reducción de presión calibrado, lo que favorece el diseño.
- Cada gabinete cuenta con un interruptor de flujo que emitirá una señal de alarma al sistema de control durante su uso.
- Para diseños con más de 2 puntos de conexión, el diseño se debe asumir para 3 tomas simultáneas, con un total de 750 gpm (2.850 l/min).

- El sistema de gabinetes debe operar por lo menos 30 minutos.
- Se espera un consumo de 85.500 litros para el sistema de gabinetes.
- La tubería se estima entre DN25 y DN150, con una velocidad de diseño de 3 m/s.
- Debido a que no se esperan riesgos corrosivos, la tubería será de tipo metálica, de preferencia acero al carbono ASTM A-53 SCH 40, pintada con pintura epóxica roja con base anticorrosiva de zinc.
- Los accesorios de la tubería serán metálicos, de preferencia hierro fundido ASTM A536 Gr. 65-45-12.
- La tubería y sus accesorios tendrán uniones ranuradas AWWA C-606 o roscadas NPT, de acuerdo a los elementos a conectar a ella.
- Toda la tubería debe estar soportada entre 3,7 y 4,6 m, dependiendo del diámetro. Los soportes serán estándares y de preferencia tipo pera (colgante), pedestal (piso) y correa corta (paredes).
- La tubería, accesorios y equipos deben estar listados y certificados UL y/o FM.
- Los gabinetes que van a proteger el CCO se suponen conectados a la red húmeda de la estación y/o su cobertura es compartida con los gabinetes del resto de la estación.
- Los demás gabinetes que protegen la estación deben cumplir con lo estipulado en este capítulo.

#### *10.17.4.1.5. Protección con rociadores automáticos*

La norma NSR-10: J.4.3 especifica los edificios que deben ser protegidos con rociadores automáticos según su clasificación y características. Ya determinados los edificios que deben ser protegidos se utiliza la NFPA 13 para calcular, diseñar y ubicar el sistema de rociadores automáticos.

La bomba del sistema contra incendio, al operar con diesel, clasifica al Cuarto de Bombas en el grupo de ocupación "Alta Peligrosidad (P)", categoría que según la NSR-10:J.4.3.7.1 es mandatorio protegerla con sistema de rociadores automáticos, así como también lo dice la NFPA 20:4.13.1.3, bajo la clasificación de riesgo Extraordinario Grupo 2.

#### *10.17.4.1.5.1. Caudal de diseño del sistema de rociadores*

Para determinar la demanda de agua del sistema de rociadores automáticos se utiliza la curva de densidad/área para el riesgo correspondiente según la NFPA 13, Figura 19.2.3.1.1.

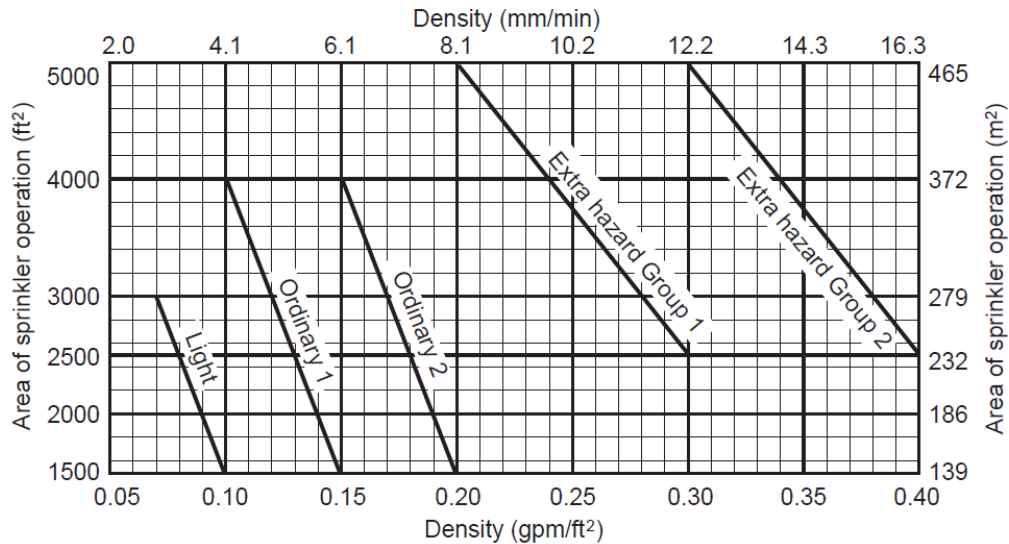


Figura 3. Densidad de diseño según área. NFPA 13: 19.2.3.1.1.

El área de diseño  $A_d$  corresponde al área estimada estadísticamente por la NFPA como la mayor área en la que se presenta un incendio según el riesgo. Para áreas menores a las contenidas en cada curva se utiliza la menor de la curva, y para áreas mayores a las contenidas en la curva se utiliza el área mayor contenida en la curva.

La densidad de diseño corresponde entonces al corte de la curva del riesgo a proteger con el área de diseño  $A_d$ .

$$Q_d = \begin{cases} D_{Amin} A_{min} & \text{si } A_z < A_{min} \\ D_{Az} A_z & \text{si } A_{min} < A_z < A_{max} \\ D_{Amax} A_{max} & \text{si } A_z > A_{max} \end{cases}$$

Ecuación 15. Caudal de diseño de rociadores

Donde:

$A_z$  = Área de la zona a proteger.

$A_{min}$  = Área de diseño mínima de la curva del riesgo correspondiente en la Figura 4.

$A_{max}$  = Área de diseño máxima de la curva del riesgo correspondiente en la Figura 4.

$D_{Az}$  = Densidad de diseño correspondiente al área de la zona (Figura 4).

$D_{Amin}$  = Densidad de diseño correspondiente al área mínima de diseño (Figura 4).

$D_{Amax}$  = Densidad de diseño correspondiente al área máxima de diseño (Figura 4).

De esta forma se calcula el caudal de diseño  $Q_d$  del edificio según el riesgo del recinto a proteger.

#### 10.17.4.1.5.2. Tiempo de suministro del sistema de rociadores

El tiempo de suministro del sistema de rociadores se determina a partir del método de diseño de densidad/área como se establece en la Tabla NFPA 13: 19.2.3.1.2 (ver Tabla 2). De acuerdo a lo establecido en la NFPA 13:19.2.3.1.3, se puede usar el menor valor de tiempo de suministro para sistemas completamente monitoreados y atendidos.

Tabla 5. Tiempo de suministro por riesgo. NFPA 13: 19.2.3.1.2.

Occupancy	Inside Hose		Total Combined Inside and Outside Hose		Duration (minutes)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Light hazard	0, 50, or 100	0, 190, or 380	100	380	30
Ordinary hazard	0, 50, or 100	0, 190, or 380	250	950	60–90
Extra hazard	0, 50, or 100	0, 190, or 380	500	1900	90–120

#### 10.17.4.1.5.3. Número de rociadores requeridos

El número mínimo de rociadores requeridos se determina como el cociente entre el área total del recinto sobre el área máxima de cobertura de un rociador, aproximado al entero mayor.

$$N_r = \left\lceil \frac{\text{Área edificio}}{\text{Área máx./rociador}} \right\rceil$$

Ecuación 16. Número de rociadores requeridos

El área de cobertura por rociador se encuentra tabulada en los siguientes apartes de la norma NFPA 13, según el riesgo:

- Riesgo ligero: Tabla NFPA 13: 10.2.4.2.1(a): 11-20 m<sup>2</sup>.
- Riesgo ordinario: Tabla NFPA 13: 10.2.4.2.1(b): 12 m<sup>2</sup>.
- Riesgo extraordinario: Tabla NFPA 13: 10.2.4.2.1(c): 8,4-12 m<sup>2</sup>.
- Riesgo de almacenamiento de altura: Tabla NFPA 13: 10.2.4.2.1(d): 9-12 m<sup>2</sup>.

#### 10.17.4.1.5.4. Número de rociadores activos

El número de rociadores activos se determina mediante la NFPA 13: 19.3.3.3, por el método de área / densidad, mediante la Ecuación 16.

$$N_{ra} = \{N_r \text{ si } A_z \leq A_d ; \left\lceil \frac{A_d}{A_z} N_r \right\rceil \text{ si } A_z > A_d$$

Ecuación 17.

Donde:

$A_z$  = Área de la zona a proteger.

$N_r$  = Número de rociadores requeridos, ecuación (2.7).

$A_d$  = Área de diseño, la misma utilizada en la ecuación (2.6).

De esta forma se determina el número máximo de rociadores que, según estadísticas de la NFPA, se encienden al mismo tiempo en un incendio según el riesgo.

#### 10.17.4.1.5.5. Número de risers (puestos de control)

El número de *risers* (puestos de control) se calcula el cociente mayor entero entre el área total de las zonas a proteger y el área máxima de cobertura de un solo *riser*.

$$N_R = \left[ \frac{\text{Área zona}}{\text{Área max. cobertura/ riser}} \right]$$

Ecuación 18. Número de risers

El área máxima de cobertura por *riser* se encuentra listada en los siguientes apartes de la norma NFPA 13: 4.5.1, según el riesgo:

- Riesgo ligero: 4830 m<sup>2</sup>.
- Riesgo ordinario: 4830 m<sup>2</sup>.
- Riesgo extraordinario: 3720 m<sup>2</sup>.
- Riesgo de almacenamiento de altura: 3720 m<sup>2</sup>.
- Riesgo de almacenamiento en estanterías: 3720 m<sup>2</sup>.

#### 10.17.4.1.5.6. Diámetro de tubería

El diámetro nominal de línea de suministro se encuentra en función de la velocidad de diseño, a partir de la velocidad de diseño de 3,0 m/s, mencionada en el inciso NFPA 13: 6.10.2.1.3.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Ecuación 19. Diámetro de tubería

#### 10.17.4.1.5.7. Dimensionamiento del sistema de rociadores

De acuerdo con la NSR-10: J.4.3.5.1, las Estaciones, clasificadas en el grupo Lugares de Reunión de Transporte L-5 (NSR-10: K.2.7.6), requieren rociadores automáticos siempre que su capacidad exceda las 300 personas.

La NFPA 20 pide que los cuartos de bombas del sistema contra incendio que contengan bombas diésel sean protegidos con sistema de rociadores.

Con base en los requerimientos de la norma NFPA 13, disponibilidad comercial de materiales y facilidad de montaje, se escogen las siguientes características para el sistema:

- Se deben proteger las rutas de evacuación del CCO. Los rociadores se suponen conectados a la red húmeda de la estación y/o su cobertura es compartida con los rociadores del resto de la estación.
- Los demás rociadores que protegen la estación deben cumplir con lo estipulado en este capítulo.
- La densidad de cobertura de agua del CCO se asume para riesgos tipo Ligero para rutas de evacuación, sin embargo y dependiendo de la arquitectura y equipos instalados en el CCO y el resto de la estación, se esperan riesgos Ordinario Tipo I (OH1) y Ordinario Tipo II (OH2), correspondientes a 6,1 l/min/m<sup>2</sup> y 8,1 l/min/m<sup>2</sup> respectivamente. De acuerdo a la norma, la mayor área de incendio a atender será de 140 m<sup>2</sup>.
- La demanda de agua para rociadores se estima entre 854 l/min (14,23 l/s) y 1.134 l/min (18,9 l/s). Este valor puede ser incrementado por el coeficiente de aspersion de los rociadores (K) que atienden el área a proteger.

- El sistema de rociadores debe operar por lo menos 60 minutos.
- Junto con la protección de rociadores debe operar simultáneamente una manguera de 250 gpm (950 l/min).
- Se espera una demanda mínima de 1.804 l/min (30,07 l/s) para riesgo tipo OH1 y 2.084 l/min (34,73 l/s) para riesgo OH2.
- Se espera un consumo de 125.040 litros para el sistema de rociadores automáticos.
- Los rociadores automáticos serán de tipo colgante (*pendent*) siempre que no queden a menos de 300 mm por debajo de la cubierta. En caso de que la arquitectura de la edificación aleje la tubería de distribución más de 300 mm debajo de la cubierta, se usarán rociadores tipo montante (*up-right*) para poder ubicarlos en esta medida.
- Los rociadores serán de tipo estándar o cobertura extendida de acuerdo a la altura de instalación y la distancia a la que puedan ser instalados entre ellos.
- Los rociadores tendrán una especificación de temperatura de acuerdo a los equipos instalados en su área de activación.
- El coeficiente de aspersion de los rociadores (K) depende de la densidad de diseño requerida y si son estándar o de cobertura extendida.
- La tubería se estima entre DN25 y DN150, con una velocidad de diseño de 3 m/s.
- Debido a que no se esperan riesgos corrosivos, la tubería será de tipo metálica, de preferencia acero al carbono ASTM A-53 SCH 40, pintada con pintura epóxica roja con base anticorrosiva de zinc.
- Los accesorios de la tubería serán metálicos, de preferencia hierro fundido ASTM A536 Gr. 65-45-12.
- La tubería y sus accesorios tendrán uniones ranuradas AWWA C-606 o roscadas NPT, de acuerdo a los elementos a conectar a ella.
- Toda la tubería debe estar soportada entre 3,7 y 4,6 m, dependiendo del diámetro. Los soportes serán estándares y de preferencia tipo pera (colgante), pedestal (piso) y correa corta (paredes). Se deben incluir soportes sísmicos en los cambios representativos de dirección.
- Cada 4.830 m<sup>2</sup> deben ser protegidos por un único riser.
- El riser debe tener una tubería independiente, con una válvula mariposa supervisada electrónicamente y una válvula de alarma, compuesta por una válvula de cheque, interruptor electrónico de presión, manómetros análogos aguas arriba y aguas abajo de la válvula de cheque; y válvula de prueba y drenaje.
- Deben existir válvulas de cheque entre grupos de 250 rociadores.
- La tubería, accesorios y equipos deben estar listados y certificados UL y/o FM.

#### 10.17.4.1.6. Protección con boquillas abiertas

El sistema automático de agua pulverizada está previsto para la protección de los transformadores a base de aceite, a partir de las recomendaciones de protección de este tipo de equipos, NFPA 850: 14.6.4. Esta norma establece que es recomendable el uso de un sistema de extinción automática, ya sea rociadores automáticos, sistema agua-espuma, agua pulverizada o sistema aire-espuma. Dos de estos sistemas se descartan por el uso de espumas AFFF que son bastante efectivas contra fuegos clase B (combustibles líquidos), pero son bastante corrosivas para los circuitos eléctricos. Por otra parte el uso de rociadores automáticos sólo es posible en instalaciones bajo techo, lo que define al sistema de agua pulverizada como preferente para esta protección.

#### 10.17.4.1.6.1. Parámetros de diseño

Los sistemas de agua pulverizada son diseñados a partir de la norma NFPA 15, la cual establece que deben cumplirse los siguientes parámetros de diseño:

- El caudal de diseño de boquillas abiertas se establece a partir de la densidad de diseño multiplicada por el área de diseño.

- La densidad de diseño es equivalente a 10,2 l/min/m<sup>2</sup> para transformadores (NFPA 15: 7.4.4.3.1).
- Para transformadores el área de diseño es equivalente al prisma rectangular del equipo (NFPA 15: 7.4.4.3.1).
- El caudal de diseño debe asegurar el caudal de boquillas abiertas más una manguera (250 gpm) (NFPA 15: 7.4.4.3.6).
- El tiempo de operación debe ser mínimo 1 hora (NFPA 15: 7.4.4.3.6).

Existen dos factores correlacionados que se deben intersectar para la selección de boquillas:

- Ángulo de aspersión: Es el ángulo que se usa para garantizar la cobertura en un arreglo de boquillas con áreas divididas en cuadrantes dados por catálogo. Cada fabricante determina el ángulo efectivo de aspersión para garantizar la densidad de diseño, este ángulo puede diferir de la apertura real de descarga.
- Coeficiente de descarga (K): Es el tamaño del orificio el que ofrece una curva de comportamiento caudal vs. presión. Se debe escoger un K mínimo que garantice la densidad de diseño a la presión que está llegando el agua a las boquillas.

#### 10.17.4.1.6.2. Dimensionamiento del sistema de agua pulverizada

Se establecen las siguientes consideraciones de diseño:

- Aún no se tiene certeza del uso de agua pulverizada en la protección contra incendio. Su uso depende del tipo de equipos a instalar en el CCO.
- Los demás sistemas de agua pulverizada que protegen la estación deben cumplir con lo estipulado en este capítulo.
- La densidad de diseño es equivalente a 10,2 l/min/m<sup>2</sup>.
- No se tiene un prototipo definido de transformador, sin embargo se presenta un ejemplo con medidas de referencia.
- El área de diseño es equivalente al prisma rectangular del equipo. (p.e. para un área de 4,0 (h) x 5,0 (l) x 3,0 m (w), el área superficial es de 79 m<sup>2</sup>).
- El caudal de diseño de boquillas abiertas se establece a partir de la densidad de diseño multiplicada por el área de diseño. (p.e. 805,8 l/min).
- Junto con la protección de rociadores debe operar simultáneamente una manguera de 250 gpm (950 l/min).
- El caudal total es la suma del caudal de boquillas y el caudal de manguera. (p.e. 1.755,8 l/min).
- El tiempo de operación debe ser mínimo 60 minutos.
- El consumo de agua es el caudal total por el tiempo de operación. (p.e. 105.348 litros para el sistema de agua pulverizada. Este consumo es menor que los 125.040 litros para el sistema de rociadores automáticos, por lo que no es el consumo crítico).
- El coeficiente de aspersión de los rociadores (K) depende de la densidad de diseño requerida.
- La tubería se estima entre DN25 y DN150, con una velocidad de diseño de 3 m/s.
- Debido a que no se esperan riesgos corrosivos, la tubería será de tipo metálica, de preferencia acero al carbono ASTM A-53 SCH 40, pintada con pintura epóxica roja con base anticorrosiva de zinc.
- Los accesorios de la tubería serán metálicos, de preferencia hierro fundido ASTM A536 Gr. 65-45-12.
- La tubería y sus accesorios tendrán uniones ranuradas AWWA C-606 o roscadas NPT, de acuerdo a los elementos a conectar a ella.
- Toda la tubería debe estar soportada entre 3,7 y 4,6 m, dependiendo del diámetro. Los soportes serán estándares y de preferencia tipo pera (colgante), pedestal (piso) y correa corta (paredes).
- La tubería, accesorios y equipos deben estar listados y certificados UL y/o FM.

#### 10.17.4.1.5. Cuarto de bombas

Desde el tanque contra incendio se abastece de agua a las redes húmedas del SCI del lote mediante el equipo de bombeo principal bajo normativa NFPA 20 y NFPA 22 vigentes.

Características estimadas para el Cuarto de Bombas:

- Aún no se tiene certeza de que el cuarto de bombas quede ubicado en el CCO.
- El cuarto de bombas que protege la estación debe cumplir con lo estipulado en este capítulo, independientemente de su ubicación.
- El bombeo se ubica en un recinto destinado para este uso, aunque no necesariamente exclusivo, pues puede compartir su uso con sistemas de aire comprimido o bombeo de agua potable.
- Consta de:
  - Bomba principal.
  - Bomba de respaldo.
  - Bomba de mantenimiento de presión (jockey).
  - Conexiones para bomberos (siamesas).
  - Cabezal de pruebas.
  - Soportes de tubería.
  - Tanque de reserva.
  - Tubería.
  - Línea de retorno de seguridad.
  - Línea de retorno de prueba.
- Las 3 bombas deben estar comunicadas entre sí mediante un by-pass aguas arriba y un by-pass aguas abajo.
- Por seguridad se deben instalar dos succiones. Para tanques en concreto cada succión debe tener una placa antivórtice a la altura del fondo del pozo para aprovechar todo su volumen, y un foso de succión de por lo menos 150 mm de alto.
- Por seguridad se deben instalar dos salidas independientes del cuarto de bombas.
- La bomba principal y la de respaldo deben estar aisladas del resto del sistema mediante juntas antivibratorias.
- Todas las bombas deben contar con válvula de cheque a la descarga y válvulas de aislamiento aguas arriba y aguas abajo de las mismas. Se prefiere el uso de válvulas de compuerta.

##### 10.17.4.1.5.1. Bomba principal

La bomba principal es la que abastece en primera instancia a todos los equipos del sistema contra incendio. Debe escogerse con base en las indicaciones de la NFPA 20 vigente.

A continuación se listan las características de la bomba:

- Bomba horizontal, monoetapa y de carcasa partida, sin embargo si se encuentra sobre el tanque puede ser vertical y multietapa. Uniones bridadas ASME B16.5, Serie A, 150# o 300#, FF.
- Se estima que sea de funcionamiento eléctrico.
- Se estima una demanda base de 750 gpm (2.850 l/min) y hasta 175 psi (12,07 bar). De acuerdo a las previsiones de seguridad de la NFPA 20 vigente se estima una bomba de punto de operación nominal de 1000 gpm (3.800 l/min) y 175 psi, para un consumo de hasta 200 BHP (149, 14 kW).
- Debe ser instalada con succión positiva.
- Esta bomba está usualmente inoperante y se activa en caso de que la red húmeda demande suministro de agua.



- Esta bomba debe tener la capacidad de suministrar el caudal y la presión requeridos en el evento crítico, caudal y presión máximas de los eventos mencionados en los capítulos 10.14F.1.1 al 10.14F.1.4. Se estudian diferentes casos para determinar el evento crítico, bajo las siguientes condiciones:
  - Máximo caudal de diseño: Las pérdidas son proporcionales a la velocidad, que para una tubería de diámetro fijo se traduce en mayor caudal.
  - Máxima demanda sobre una misma línea de suministro: Cuando una única tubería suministra todo el caudal demandado aumentan las pérdidas por incremento en la velocidad de flujo.
  - Mayor altura geométrica: La presión hidrostática que tiene que vencer la bomba es mayor en algunos casos que las pérdidas por fricción.
  - Mayor longitud hidráulica de tubería: Entre más recorrido y menor diámetro, mayor fricción y más pérdidas.
  - Sectores cerrados: La inspección y reparación de secciones de tubería implican el cierre de tramos, que se traducen en recorridos más largos para suministrar agua a una red.
  - Para el cálculo de pérdidas por fricción en tubería se utiliza la fórmula de Hazen-Williams según requerimiento de la NFPA 13 y la NFPA 14, junto con las longitudes equivalentes de la NTC 1669:6, NFPA 13 y NFPA 14.
- La bomba debe incluir todas las conexiones, protecciones y equipos auxiliares para su correcto funcionamiento.
- La bomba y sus equipos auxiliares deben estar listados y certificados UL y/o FM.
- Los componentes eléctricos deben cumplir toda la normativa eléctrica que aplique, como RETIE, NTC 2050, NEMA, etc.

#### 10.17.4.1.5.2. Bomba de respaldo

La bomba de respaldo abastece a todos los equipos del sistema contra incendio ante una inoperancia de la bomba principal por fallo o mantenimiento. La bomba sigue los lineamientos descritos en la NFPA 20 vigente.

A continuación se listan las características de la bomba:

- Debe tener las mismas características de presión y caudal que la bomba principal. Se estima una demanda base de 750 gpm (2.850 l/min) y hasta 175 psi (12,07 bar). De acuerdo a las previsiones de seguridad de la NFPA 20 vigente se estima una bomba de punto de operación nominal de 1000 gpm (3.800 l/min) y 175 psi, para un consumo de hasta 200 BHP (149, 14 kW).
- Bomba horizontal, monoetapa y de carcasa partida, sin embargo si se encuentra sobre el tanque puede ser vertical y multietapa. Uniones bridadas ASME B16.5, Serie A, 150# o 300#, FF.
- Debe ser instalada con succión positiva. Debe ser instalada en paralelo con la bomba principal.
- Esta bomba está usualmente inoperante y se activa en caso de que la bomba principal falle o esté en mantenimiento.
- Esta bomba debe tener la capacidad de suministrar el caudal y la presión requeridos en el evento crítico, caudal y presión máximas de los eventos mencionados en el capítulo 10.14F.1.5.1.
- Se estima que sea de funcionamiento con motor diésel.
  - El motor diésel debe contar con el suficiente aire para operar durante el mayor tiempo de operación del sistema.
  - El motor diésel debe tener un sistema de refrigeración de fábrica a base de agua, conectado aguas abajo del bombeo y con una línea de retorno al tanque de reserva del sistema contra incendio.
  - El motor diésel se alimenta desde un depósito de combustible situado en la misma sala que el equipo, o adyacente al recinto donde se encuentra instalado.
  - El depósito de combustible debe tener una capacidad mínima de 1 gal por cada caballo de potencia más el 5% por volumen por expansión y otro 5% de volumen por succión.
  - El depósito de combustible se llena desde una boca de carga situada en el exterior del recinto, preferiblemente en una zona de fácil acceso para el camión de suministro.
  - El depósito de combustible debe contar con sondas de nivel y una electroválvula que corta el suministro una vez que se haya completado el llenado del tanque.

- El depósito de combustible debe tener mecanismos que impidan el aumento de presión dentro del tanque, aprobados por la NFPA 20, como válvulas de seguridad.
- El depósito de combustible debe tener mecanismos que impidan el derrame de combustible, aprobados por la NFPA 20, como tanque de doble pared o dique.
- El motor diésel debe tener una chimenea de escape de gases de combustión del motor que descargue al exterior del edificio.
- La chimenea se prevé que sea de acero inoxidable de doble pared.
- La bomba debe incluir todas las conexiones, protecciones y equipos auxiliares para su correcto funcionamiento.
- La bomba y sus equipos auxiliares deben estar listados y certificados UL y/o FM.
- Los componentes eléctricos deben cumplir toda la normativa eléctrica que aplique, como RETIE, NTC 2050, NEMA, etc.

#### 10.17.4.1.5.3. Bomba sostenedora de presión

Durante la inoperancia de la bomba principal, se dispone de una bomba de sostenimiento de presión (jockey) que asegura una presión para uso inmediato del sistema. Debe seguir las indicaciones de la NFPA 20 vigente.

A continuación se listan las características de la bomba:

- Bomba horizontal, multietapa, de motor vertical. Uniones bridadas ASME B16.5, Serie A, 150# o 300#, FF.
- Funcionamiento eléctrico.
- Debe ser instalada en paralelo con la bomba principal y bomba de respaldo.
- Esta bomba debe operar cuando la presión del sistema cae 5 psi.
- Esta bomba debe tener un caudal nominal correspondiente al 1% del caudal nominal de la bomba principal y una presión de 10 psi adicionales a la presión nominal de la bomba principal.
- La bomba debe incluir todas las conexiones, protecciones y equipos auxiliares para su correcto funcionamiento.
- La bomba y sus equipos auxiliares deben estar listados y certificados UL y/o FM.
- Los componentes eléctricos deben cumplir toda la normativa eléctrica que aplique, como RETIE, NTC 2050, NEMA, etc.

#### 10.17.4.1.5.4. Conexiones para bomberos

Se debe disponer de conexiones para bomberos (válvulas siamesas) que se conecten a la red húmeda y dispongan de válvulas antirretorno (cheque) para evitar la fuga de agua cuando se destapen. Estas válvulas permiten que, en caso de que se requiera, la red de extinción de incendios sea presurizada y/o abastecida desde vehículos del cuerpo de bomberos.

A continuación se presentan las características de las conexiones para bomberos:

- Se debe disponer de una entrada por cada 250 gpm (950 l/min) de caudal nominal del sistema.
- Cada entrada debe ser horizontal, DN65 (2½”), roscada NPT, con tapa y cadena.
- Las válvulas siamesas deben traer incluida una válvula de cheque. En caso de no estar incluidas deben ser suministradas junto con las válvulas.
- Deben ser ubicadas a una altura ergonómica para su conexión, entre 700 mm y 1.200 mm por encima del suelo.
- Deben ser instaladas en cada portería y en puntos estratégicos dentro del lote.
- Deben ser instaladas cerca de vías para el acceso desde camión de bomberos.
- Pueden ser tipo pedestal si están sobre el andén, o empotradas en la pared.

- Deben estar listadas y certificadas UL y/o FM. Señalizadas según NFPA.

#### 10.17.4.1.5.5. Cabezal de pruebas

Se debe instalar un cabezal de pruebas que se conecte al bombeo del cuarto de bombas. Este cabezal permite medir periódicamente la capacidad de los equipos de bombeo, tal como lo estipula la NFPA 25.

A continuación se presentan las características del cabezal de pruebas:

- Se debe disponer de una salida por cada 250 gpm (950 l/min) de caudal nominal del sistema.
- Cada salida debe ser horizontal, DN65 (2½”), roscada NPT, con tapa y cadena.
- El cabezal de pruebas debe ser aislado con una válvula de corte, preferiblemente de compuerta.
- Debe ser ubicado a una altura ergonómica para su conexión, entre 700 mm y 1.200 mm por encima del suelo.
- Debe ser instalado en el exterior del edificio donde se encuentra el cuarto de bombas.
- Debe ser instalado cerca a un pozo de drenaje diseñado para recibir su caudal máximo. Se debe basar en la longitud de una manguera de 30 metros.
- Debe quedar empotrado en la pared.
- Debe estar listado y certificado UL y/o FM. Señalizado según NFPA.

#### 10.17.4.1.5.6. Soportes de tubería

Los soportes de tubería se seleccionan según la NFPA 13, en donde se encuentran diferentes tipos de anclaje según el peso, el tipo de estructura y el tipo de movimiento a limitar, de donde se recomiendan los siguientes tipos:

- Soporte tipo Clevis o pera para la tubería horizontal de suministro y ramales.
- Abrazadera de 4 vías para tubería vertical.
- Soporte de ala de perfil con clip retenedor para estructura descubierta.
- Correa corta para tubería que pasa al ras de elementos estructurales.
- Soportes sismo-resistentes para la tubería que pasa lejos de elementos estructurales y en los cambios de dirección.
- Cables listados en caso de requerirse.

La soportería debe ser listada UL y/o aprobada FM, de lo contrario debe ser calculada y certificada. Su selección se basa en el diámetro nominal de la tubería a soportar y la superficie de soporte. Se debe respetar la distancia máxima entre soportes entre 3,7 y 4,6 m, dependiendo del diámetro.

#### 10.17.4.1.5.7. Tanque de reserva

La red húmeda del Sistema de Extinción de Incendios requiere una reserva de agua exclusiva para este sistema, por motivos de seguridad, regida por la norma NFPA 22 vigente.

Se estiman las siguientes características para el tanque:

- El tanque debe disponer con capacidad suficiente para el funcionamiento de los sistemas húmedos de extinción durante todo el tiempo que dure el evento que tenga mayor demanda de agua.

- El tanque debe quedar adyacente al cuarto de bombas. Podría colindar con otros tanques de agua, como el de agua potable.
- El tanque puede ser seccionado.
- Las tomas de succión salen al nivel de los ejes de las bombas. La succión siempre debe quedar en carga positiva.
- El tanque puede ser una estructura de concreto, o puede ser prefabricado en metal, o fibra de vidrio.
- El tanque en concreto, debe tener pozos de succión y de vaciado, y pendientes hacia estos, de forma que pueda aprovecharse todo el volumen de acumulación de agua y se pueda vaciar en su totalidad.
- Si el tanque es prefabricado, debe reposar sobre una base estructural. Debe preverse el volumen útil por encima de la succión, se debe prever el drenaje, ingreso, limpieza y llenado.
- El tanque debe ser cubierto, debe tener escotillas de acceso y sistema de drenaje.
- El agua para el tanque contra incendio se suministra desde la red general de agua potable del lote.
- La acometida debe llenar el tanque en máximo 8 horas. Por lo tanto el flujo de acometida es el cociente del volumen requerido del tanque entre el tiempo de llenado.
- El llenado debe ser automático con opción manual, por lo que debe contar con un control de nivel que pueda accionar la acometida y que también pueda ser accionado manualmente.
- La normativa local podría solicitar un contador propio.
- La normativa local podría permitir que el tanque rebose con en el tanque de agua potable, con el fin de recircular constantemente del agua y minimizar los problemas por estanqueidad.
- Durante las labores de limpieza y mantenimiento se deben implementar maniobras de seguridad que garanticen el abastecimiento externo del sistema de extinción de incendios.
- El mecanismo de vaciado del tanque no debe afectar a los tanques de otros sistemas.
- El equipo de control dispone de un juego de sondas que, ajustadas en altura, detectan los siguientes puntos de actuación en sentido descendente:
  - Nivel de activación de alarma por rebose de agua.
  - Nivel de desactivación de la anterior alarma.
  - Nivel de cierre de la válvula de llenado.
  - Nivel de apertura de la válvula de llenado.
  - Nivel de desactivación de la alarma por nivel mínimo.
  - Nivel de activación de la anterior alarma.
  - Volumen del tanque

#### 10.17.4.1.5.8. Línea de retorno de seguridad

El cuarto de bombas debe contar con una línea de retorno asociada a una válvula de seguridad para garantizar la integridad de los equipos ante una sobrepresión.

A continuación se presentan las características de este sistema:

- El sistema de retorno de seguridad debe conectarse aguas abajo de las bombas.
- El sistema de retorno de seguridad debe conectarse a una válvula de seguridad.
- La tubería aguas abajo de la válvula de seguridad debe ser seca y descargar a un nivel más arriba que la película de agua del tanque.
- La válvula de seguridad debe ser automática, activada mediante piloto, el cual debe venir calibrado de fábrica.
- La válvula se prefiere angular, aunque podría ser lineal, instalada en posición horizontal.
- La válvula debe tener un manómetro análogo.
- La válvula debe poder aislarse mediante una válvula de corte normalmente abierta, preferiblemente de compuerta.
- Las válvulas deben ser listadas UL y/o aprobadas FM.

#### 10.17.4.1.5.9. Línea de retorno de prueba

El cuarto de bombas debe contar con una línea de retorno asociada a un caudalímetro que permite medir periódicamente la capacidad de los equipos de bombeo, tal como lo estipula la NFPA 25.

A continuación se presentan las características de este sistema:

- El sistema de retorno de prueba debe conectarse aguas abajo de las bombas.
- El sistema de retorno de prueba debe conectarse a un caudalímetro.
- La tubería aguas abajo del caudalímetro debe descargar a un nivel más arriba que la película de agua del tanque.
- El caudalímetro debe ser tipo Venturi.
- El caudalímetro debe venir calibrado de fábrica.
- El caudalímetro debe tener medidor análogo.
- La válvula debe poder aislarse mediante una válvula de corte normalmente cerrada, preferiblemente de compuerta.
- Las válvulas deben ser listadas UL y/o aprobadas FM.

#### 10.17.4.1.6. Línea de distribución de agua

La red de distribución de agua para sistemas de extinción privados se establecen a partir de la norma NFPA 24 vigente.

Se establecen 2 clases de tubería para el suministro de agua a los equipos del sistema de extinción húmedo de incendios.

##### 10.17.4.1.6.1. Tubería aérea

- La tubería aérea que va a proteger el CCO se supone conectada a la red húmeda de la estación por lo que debe ser compatible con la misma.
- La tubería se estima entre DN25 y DN200, con una velocidad de diseño de 3 m/s.
- Debido a que no se esperan riesgos corrosivos, la tubería será de tipo metálica, de preferencia acero al carbono ASTM A-53 SCH 40, pintada con pintura epóxica roja RAL3000 con base anticorrosiva de zinc.
- Los accesorios de la tubería serán metálicos, de preferencia hierro fundido ASTM A536 Gr. 65-45-12.
- La tubería y sus accesorios tendrán uniones ranuradas AWWA C-606 o roscadas NPT, de acuerdo a los elementos a conectar a ella.
- Toda la tubería debe estar soportada entre 3,7 y 4,6 m, dependiendo del diámetro. Los soportes serán estándares y de preferencia tipo pera (colgante), pedestal (piso) y correa corta (paredes).
- La tubería, accesorios y equipos deben estar listados y certificados UL y/o FM.

##### 10.17.4.1.6.2. Tubería enterrada

- La tubería que va a proteger el CCO se supone toda aérea, conectada desde el cuarto de bombas de la estación. En caso de requerirse, la tubería enterrada debe seguir los siguientes parámetros:
- La tubería se estima entre DN75 y DN225, con una velocidad de diseño de 3 m/s.

- Debido al entorno corrosivo y a la conducción eléctrica, la tubería será de tipo polimérica, de preferencia polietileno de alta densidad (PEAD) ASTM D3261 PE100 SDR11, con protección UV en las entregas a los edificios.
- Los accesorios de la tubería serán de preferencia polietileno de alta densidad (PEAD) ASTM D3261 PE100 SDR11. Existen accesorios metálicos con uniones mecánicas aceptados para esta aplicación.
- La tubería y sus accesorios tendrán preferiblemente uniones termofundidas ASTM F2620.
- La tubería, accesorios y equipos deben estar listados y certificados UL y/o FM.
- La tubería de suministro de agua para sistemas contra incendio debe contar con un método de restricción de movimiento en los cambios de dirección. Este tipo de restricción puede estar dado por bloques de empuje, uniones de restricción, o métodos de unión específicos. Con respecto a los métodos de unión, las conexiones roscadas, ranuradas, soldadas, unidas por termofusión o químicamente, no requieren métodos de restricción adicionales, siempre que dichas conexiones pasen la prueba hidrostática. En este caso ya cumple por el tipo de unión y no requiere anclajes adicionales.

#### 10.17.4.1.7. Protección con extintores portátiles

Los extintores portátiles son mandatorios dentro de cualquier tipo de construcción según la normativa NSR-10. Su instalación y ubicación se rigen por las normas NTC 2885 y NFPA 10.

Se listan las características de los extintores portátiles a continuación:

- Los extintores se deben distribuir, en general, en aquellos lugares en los cuales se estime que existe una mayor probabilidad de originarse un incendio.
- Los extintores se ubican de tal forma que el recorrido para alcanzarlos no supere:
  - 22,9 m para fuego tipo A (materiales ordinarios). Se prevé el uso de extintores tipo ABC de 20 lb polvo químico seco para atender este tipo de incendios.
  - 15,25 m para fuego tipo B-C (líquidos combustibles y materiales eléctricos). Se prevé el uso de extintores de CO<sub>2</sub> de 15 lb para atender este tipo de incendios.
  - 9,1 m para fuego tipo K (aceites de cocina). Se prevé el uso de extintores tipo K de 2,5 gal para atender este tipo de incendios.
- Todos los extintores deben ser marcados y señalizados de acuerdo a NFPA.
- Los extintores no deben interrumpir la evacuación ni quedar en el borde interior de las esquinas.
- El borde inferior del extintor debe quedar a una altura sobre el suelo mayor a 0,102 m.
- La válvula del extintor debe quedar a una altura menor de 1,53 m.
- El extintor debe ser suministrado con soporte de pared o de piso, en posición siempre vertical.
- Los gabinetes que contienen extintores en su interior hacen parte de la distribución y protección con extintores portátiles de la zona.
- Actualmente no se tiene suficiente información para predimensionar la cantidad de extintores a utilizar.

#### 10.17.4.1.8. Protección con agente limpio

Para la protección de áreas críticas que manejan información, comunicaciones, control y supervisión del lote, con equipos electrónicos importantes, se prevé la instalación de inundación total o local con agente limpio a partir de los lineamientos establecidos en la norma NFPA 2001.

A continuación se presentan las características de este sistema:

- El agente seleccionado para ser implementado en el sistema debe tener las siguientes características:

- Alta estandarización, alta especificación técnica, estudios y registro que date de su seguridad como agente extintor y como sustancia química.
- El mínimo efecto secundario inmediato, que permita la evacuación autónoma, evitando agentes congelantes, paralizantes, asfixiantes y/o que reduzcan la visibilidad, como el dióxido de carbono.
- El mínimo efecto adverso en el medio ambiente, para la cantidad utilizada.
- El mínimo impacto en la salud a largo plazo, capacidades físicas, cognitivas o psicológicas de las personas expuestas al agente.
- Se prefiere el uso de la cetona fluorada FK-5-1-12, la cual es incolora, inodora y no conductora, no afecta la capa de ozono y requiere una concentración mínima para extinción (<5%), por lo que su afectación en el oxígeno disponible es mínima, permitiendo ser implementada incluso en habitaciones con ocupación permanente.
- Para la protección de gabinetes individuales se prefiere el uso de tanques con mangueras sensibles al calor. Estas mangueras están llenas de agente limpio a presión y recorren el interior del gabinete, liberándolo sobre el punto de incendio mediante un agujero producido por el calor.
- Actualmente no se tiene suficiente información para predimensionar la cantidad de sistemas de agente limpio.

#### 10.17.4.1.9. Anexos

Se adjuntan los anexos del dimensionamiento del sistema en los siguientes archivos:

- L2MB-1630-300-MOV-DP-MEC-EQ-001.pdf

#### 10.17.4.2 Sistema de ventilación

##### 10.17.4.2.1 Descripción de los sistemas

Para el Centro de control Operacional (CCO) de la línea 2 del metro de Bogotá se preverán sistemas de ventilación que permitirán cambiar de manera continua el aire y mantener la temperatura de los diferentes recintos en un rango que permita mantener condiciones de confort aceptables para los usuarios, en cada una de las áreas dónde es requerido.

Se preverá la instalación de unidades de aire acondicionado de precisión especiales para el control de la temperatura y la humedad para las salas que alberguen equipos electrónicos que requieran control de dichas condiciones.

De igual manera, en caso de ser requerido, se preverán sistemas de aire acondicionado para las salas técnicas que alberguen equipos informáticos o dispositivos electrónicos.

##### 10.17.4.2.1.1. Sistema de suministro de aire

Se preverán unidades manejadoras de aire, que suministrarán el caudal requerido a cada uno de los recintos que requieren renovación de aire de ambas plantas a través de una red de ductos.

Estas unidades manejadoras serán ubicadas en los Cuartos de Ventiladores.

#### 10.17.4.2.1.2. Sistema de extracción de aire

Con respecto a la extracción de aire, se tendrán sistemas independientes para la extracción de aire de áreas como baños, cuartos de aseo, cocina y comedor.

#### 10.17.4.2.1.3. Aire acondicionado de precisión

Para las áreas que contengan equipos electrónicos con requerimientos particulares se preverán equipos de aire acondicionado de precisión, con capacidad para controlar la temperatura y la humedad. En principio se considerarán estos equipos para áreas como salas de operaciones, cuartos técnico Scada, y salas técnica de servidores .

Para estos cuartos se preverá suplencia del sistema, con sistemas independientes, uno principal y otro de respaldo, ambos con la capacidad total de enfriamiento del aire requerida.

Las unidades evaporadoras acondicionarán el aire de cada recinto, mediante la circulación del mismo a través de un equipo provisto de filtros, un ventilador y serpentín con refrigerante en su interior. El refrigerante será suministrado desde la unidad condensadora y distribuido mediante la red de tuberías. El control de temperatura y humedad de cada recinto será independiente.

#### 10.17.4.2.1.4. Sistemas de climatización para áreas administrativas

Para las salas que se listan a continuación se evaluará la renovación de aire mediante ventilación. En caso de ser requerido se preverán equipos de aire acondicionado de confort, teniendo en cuenta las cargas térmicas generadas por los equipos y por el personal que las ocupará.

- Áreas de Lobby y recepción
- Oficinas
- Comedores
- Salas de operación
- Sala de conferencias
- Oficinas
- Cuartos de vigilancia

#### 10.17.4.2.2 Normativa Aplicable

Para los diseños serán tenidas en cuenta las recomendaciones y criterios aplicables de las siguientes normas y estándares:

- NSR 10 *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.*
- NTC 5183 *Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores*
- ASHRAE 62.1 *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.*
- ASHRAE *Handbook—Fundamentals*
- NFPA 130 *Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems 2014.*



#### 10.17.4.2.3 Procedimiento de cálculo para dimensionamiento y selección de equipos

Con base en los planos arquitectónicos se tomarán las dimensiones de cada uno de los recintos acondicionados, con el fin de determinar las superficies de muros, ventanas y cubiertas. De acuerdo con la localización del edificio se asignará la orientación de los muros y ventanas. Asimismo, se calculará el volumen de cada recinto con el fin de determinar los caudales de renovación y la carga térmica correspondiente, Por cada persona se define una carga de 55 W para calor sensible y una carga de 75 W para calor latente según la norma NTC 5183.

Posteriormente, para los locales de operación se realizará el cálculo del calor a ser removido en función de la ocupación de personas, cargas por equipos y radiación solar. A partir del calor a ser removido se estimará el caudal de aire requerido.

En paralelo se realizará el cálculo del caudal requerido para remover el calor producido por los equipos en los locales técnicos. Para las salas técnicas que requieren de condiciones especiales de climatización, se considerará el uso de un sistema redundante de climatización con dos unidades evaporadoras de precisión de la misma capacidad total requerida. La filosofía de operación considerará un equipo como respaldo o en “stand-by” en caso de que el equipo principal en uso presente fallas o requiera de mantenimiento.

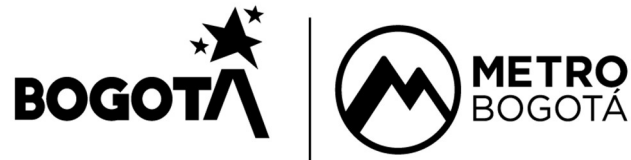
El caudal de diseño establecido para los recintos se tomará como el valor mayor entre el caudal calculado según la NTC 5183 y el caudal estimado por el método de renovaciones por hora.

Se diseñará un sistema de extracción independiente para los baños, de tal forma que se garantice que el aire de estas zonas no se mezcle con el del resto del edificio.

Para los cuartos en los cuales se encuentren instalados transformadores o equipos eléctricos con disipación de calor significativa, se diseñarán sistemas de ventilación forzada que permitirán la extracción del calor de estas zonas hacia el exterior, asumiendo un incremento de temperatura máximo de 15 °C, dado que estas áreas no contarán con ocupación permanente.

Para todos los recintos se realizará el cálculo del caudal de ventilación requerido por las normas NTC 5183 y ASHRAE 62.1 en función de la ocupación y el área. De esta manera se establecerá el caudal de ventilación total del sistema.

Finalmente se procederá con el dimensionamiento de los ductos y el estimativo de pérdidas, Se establecerá un factor de pérdida constante de 1.2 Pa/m para dimensionamiento de los ductos tanto de suministro como de extracción de aire. La descripción de este método de diseño se encuentra en el capítulo 21 del ASHRAE *Handbook – Fundamentals*.



**Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero**

**Entregable 4**  
**Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte**  
**Anexo A**

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC



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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-03-2022	Integración general de modificaciones solicitadas	Observaciones de FDN/Interventoría/EMB. Se asigna el capítulo al Apéndice 5 del Anexo H
C	05-05-2022	Se incorpora el capítulo en el Anexo A - Sección 10	Observaciones del ministerio de transporte

### REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 18-05-2022
Director de estructuración

### REVISIÓN Y APROBACIÓN

Revisó:  J. Aranguren 05-05-2022	Revisó:  G. Gómez 05-05-2022	Revisó:  D. Rebolledo 05-05-2022	Aprobó:  F. Sanchez 05-05-2022
VoBo. Ingeniero Ejecutor	VoBo. Director de Departamento	VoBo. Director de División	VoBo. Director de Proyecto

## TABLA DE CONTENIDO

<b>A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO</b>	<b>5</b>
<b>10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN</b>	<b>5</b>
10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL	5
10.17.5 Redes Eléctricas	5
10.17.5.1 Generalidades	5
10.17.5.2 Normatividad	6
10.17.5.3 Planteamiento inicial	7
10.17.5.4 Aspectos claves para los diseños de factibilidad	8
10.17.5.5 Centro de Control Operacional de Respaldo (CCO-R)	8
10.17.5.6 Áreas	8
10.17.5.7 Criterios de diseño eléctrico para el CCO	9
10.17.5.7.1 Fuentes de alimentación de energía eléctrica	9
10.17.5.7.2 Subestaciones, CTE	11
10.17.5.7.3 Conductores eléctricos	12
10.17.5.7.4 Sistema de puesta a tierra. SPT	13
10.17.5.7.5 Regulación de tensión	13
10.17.5.7.6 Iluminación	14
10.17.5.7.6.1 Iluminación de emergencia	15
10.17.5.7 Especificaciones técnicas	16
10.17.5.7.1 Celdas de media tensión	16
10.17.5.7.2 Transformadores de distribución de media tensión	16
10.17.5.7.3 Tableros de distribución en baja tensión	17
10.17.5.7.4 Medidores de energía	18
10.17.5.7.5 Especificaciones técnicas de materiales eléctricos	18

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Área del Centro de Control de Operaciones. CCO

Tabla 2. Carga eléctrica del Centro de Control de Operaciones. CCO

Tabla 3. Niveles mínimos, deslumbramiento y uniformidad según el uso de las áreas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Configuración base de anillos MT

Figura 2. Modos de operación de las SER

Figura 3. Típico de subestación encapsulada CT alimentado por el anillo 1

Figura 4. Típico de subestación encapsulada CT alimentado por el anillo 2

## A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO

### 10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN

#### 10.17 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL

##### 10.17.5 Redes Eléctricas

###### 10.17.5.1 Generalidades

El presente documento contiene los criterios y parámetros de diseño que se tendrán en cuenta en la elaboración de los estudios de factibilidad del CCO para lo cual se aplicarán las normas y especificaciones vigentes, se partirá de la definición arquitectónica y el diseño estructural para continuar con la definición de las cargas de los equipos y tableros eléctricos y los diferentes elementos que conforman el sistema eléctrico, se continuará con la localización de los equipos y definición de las rutas las canalizaciones para el tendido del cableado eléctrico de alimentación de los equipos, esta actividad se realizará de manera coordinada con las demás especialidades con el fin de evitar que se presenten interferencias entre los diferentes sistemas MEP. Todos los diseños se realizan dando cumplimiento al RETIE en los aspectos relativos a memorias de cálculo y especificaciones técnicas. dentro de los diseños se dará especial énfasis en el uso eficiente de energía mediante la utilización de luminarias tipo LED, control de iluminación para optimizar el consumo de energía, uso de escaleras mecánicas, todos los equipos deben tener certificado de bajo consumo (Exceptuando los equipos en los que no exista ésta certificación en el mercado). Para que las edificaciones sean sustentables energéticamente se dispondrá de sistemas fotovoltaicos donde sean viables

El sistema eléctrico del CCO debe contemplar:

- 
- Distribución eléctrica en media y baja tensión para el CCO mediante las CET (Centros de transformación de energía).
- Iluminación normal interior, exterior y de emergencia para el CCO.
- Sistema de puesta a tierra.
- Sistema de apantallamiento contra rayos si aplica
- Sistemas de respaldo de energía eléctrica.

La alimentación de alta tensión para la L2MB se realizará mediante dos SER (subestación receptora), con las siguientes características:

- a) SER 1 **No** Redundante vecina a la Subestación Castellana de Codensa.
- b) SER 2 Redundante ubicada en Patios Talleres, compartida con Codensa.

Los equipos de la SER 1 se conforman básicamente de:

- Conexión a 2 circuitos 115 KV, aéreos
- Equipos de maniobra alta tensión encapsulado GIS
- Un Transformador de poder de 40 MVA 115/34.5 KV

- Un interruptor general MT y 2 alimentadores a los anillos de 34,5 KV de la línea
- 2 Transformadores 100 KVA de servicios auxiliares
- Equipos de control, protección y respaldo auxiliares
- SCADA Energía
- Superficie requerida: 600m<sup>2</sup>
- Canalización por multipuntos MT hasta estación NQS
- Filtros de Armónicas y Compensador Reactivos SVC

#### 10.17.5.2 Normatividad

El componente eléctrico de las Estaciones y Edificios entre ellos el CCO de la L2MB se diseñará de acuerdo con las normas internacionales en sus últimas versiones, así como toda la normativa de carácter nacional y local que aplique, incluyendo las referentes a temas urbanísticos, ambientales y estructurales.

Normatividad nacional:

- RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Se tendrá en cuenta en los diseños de instalaciones eléctricas en los aspectos de selección de equipos, distancias de seguridad, puesta a tierra y seguridad de las instalaciones para proteger la vida humana, animal y vegetal.
- RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Se tendrá en cuenta para los diseños de iluminación de áreas exteriores e interiores,
- NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano. Se tendrá en cuenta en los diseños de las redes e instalaciones eléctricas.
- NTC 4552: Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (Rayos). Se tendrá en cuenta en los estudios de apantallamiento y protección contra rayos.
- Normatividad operador de red Enel - Codensa SA ESP. Se tendrá en cuenta en los diseños de redes de distribución de alta, media y baja tensión y alumbrado público.

Normatividad internacional:

- NFPA 502-2014 “Standard for road tunnels, bridges, and other limited access highways”.
- NFPA 110 “Norma para Sistemas de Energía de Reserva y de Emergencia”.
- NFPA 130 “Norma para sistemas de tránsito sobre rieles fijos y sistemas de transporte ferroviario de pasajeros”. Versión 2020.
- NFPA 101 “Código de seguridad humana - Life Safety Code”. Versión 2021.
- EU Normas de la Unión Europea
- IEC-88: Guía para iluminación de carreteras y pasos inferiores.
- NFPA 70 National Electrical Code edición 2020.
- IES “Illuminating Engineering Society” Standards documents.

Normas CENELEC, Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (en francés: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique; CENELEC:

- EN 45001: General criteria for the operation of testing laboratories (Criterios generales de funcionamiento de los laboratorios de pruebas).
- EN 50081: Electromagnetic compatibility – Generic emission standard (Contabilidad electromagnética – Norma genérica de emisión).
- EN 50082: Electromagnetic compatibility – Generic immunity standard (Contabilidad electromagnética – Norma genérica de inmunidad).

- ENV 50121: Railway applications. Electromagnetic Compatibility (Aplicaciones ferroviarias. Contabilidad Electromagnética).
- EN 50122-1: Railway applications. Fixed Installations. Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing. (Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 1: Medidas de protección relativas a seguridad eléctrica puesta a tierra en instalaciones fijas).
- EN 50122-2: Railway applications. Fixed Installations. Part 2: Protective provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems. (Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones Fijas. Parte 2: Medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas causadas por los sistemas de tracción eléctrica de corriente continua).
- EN 50124: Railway applications. Insulation coordination (Aplicaciones ferroviarias. Coordinación De aislamiento).
- EN 50125: Railway applications. Environmental conditions for equipment (Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para los equipos).
- EN 50126: Railway applications. The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) (Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad(RAMS)).
- EN 50128: Railway applications. Software for railway control and protection systems (Aplicaciones ferroviarias. Software para sistemas de protección y control de ferrocarriles).
- EN 50129: Railway applications. Safety related electronic systems for signalling (Aplicaciones ferroviarias. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización).
- EN 50159-1: Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Part. 1: Safety-related communication in closed transmission systems. (Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 1: Comunicación de seguridad en sistemas de transmisión cerrados).
- EN 50159-2: Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Part. 2: Safety related communication in open transmission systems. (Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 2: Comunicación de seguridad en sistemas de transmisión abiertos).
- EN 50261: Railway applications. Mounting of electronic equipment. (Aplicaciones ferroviarias. Montaje de equipos electrónicos).
- EN 55011: Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radio eléctricas de los aparatos de industriales, científicos y médicos(ICM).
- EN 55022: Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radio eléctricas de los equipos de tecnología de la información.
- EN 60068-1: Ensayos ambientales. Parte 1: General y guía.
- EN 60439: Conjunto de paramenta de baja tensión.
- EN 60529/IEC 529: Specification for degrees of protection provided by enclosures (IP code) (Especificación de los grados de protección proporcionados por los alojamientos (código IP)).
- EN 60947: Paramenta de baja tensión.
- EN 61000-4: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques (Contabilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y medida.
- R009-001: Railway Applications - Communication, signalling and processing systems. Hazardous failure and Safety Integrity Levels (SIL) (Aplicaciones ferroviarias – Sistemas de comunicación, señalización y proceso. Fallos peligrosos y niveles de integridad de seguridad (SIL)).
- R009-004: Railway Applications - Systematic Allocation of Safety Integrity Requirements (Aplicaciones ferroviarias – Asignación sistemática de requisitos de integridad de seguridad).

### 10.17.5.3 Planteamiento inicial

El planteamiento inicial parte del alcance estipulado en la especificación técnica ET23 -" Centro de control operacional" de los términos de referencia y tomará como bases la información del estudio de prefactibilidad, se realizarán los diseños



según la última implantación del CCO principal y de respaldo en el trazado geométrico, y finalmente obtener el presupuesto resultante de la obra eléctrica.

#### 10.17.5.4 Aspectos claves para los diseños de factibilidad

Se revisó y complementó la documentación existente relativa al diseño de las Estaciones y Edificios (CCO), obtenida durante el proceso de prefactibilidad para la línea 2 del Metro de Bogotá, así como los Apéndices Técnicos definidos para la PLMB, documento de diseño de las Estaciones y Edificios de la Ingeniería Básica avanzada de la Primera Línea del Metro de Bogotá - PLMB.

Productos de prefactibilidad para la línea 2 del Metro de Bogotá:

- Apéndices Técnicos de la línea 1 del Metro de Bogotá.
- Referencias y bibliografía de Centros de Control Operacionales de otros sistemas ferroviarios nacionales e internacionales en estructuración a nivel de factibilidad, en construcción o en operación.
- Documentos que se produzcan durante la ejecución del mismo Contrato y que complementen el diseño del CCO, como el estudio de operación y mantenimiento.

El área correspondiente al CCO de la L2MB se obtuvo del documento “L2MB - E4 - Aval Técnico y Fiscal - (Systra)”, 1100 m2.

#### 10.17.5.5 Centro de Control Operacional de Respaldo (CCO-R)

Se debe tener presente un CCO-R, en caso de presentarse una pérdida total o parcial de las funciones del CCO principal, debido a condiciones tales como: una evacuación, incendio, inundación de salas técnicas y ante una falla técnica que impida la operación del CCO. El Contratista en su estudio debe garantizar que la operación continúe desde el CCO-R en condiciones nominales.

#### 10.17.5.6 Áreas

El área definida para el CCO de la L2MB se define a continuación:

Tabla 1. Área del Centro de Control de Operaciones. CCO

Nombre de la Edificación	Área [m2]
CCO	1100

Fuente: L2MB - E4 - Aval Técnico y Fiscal - Realizado por Systra.

A fin de hacer efectiva la funcionalidad, el CCO estará dotado de las siguientes áreas:

- Sala de Operación de la línea.
- Sala de crisis.

- Sala de Simulación y Formación.
- Sala Técnica de Servidores y Equipos de Telecomunicaciones.
- Sala de UPS (Cada una con autonomía mínima de 180 minutos).
- Salas de reuniones.
- Sala de presentaciones.
- Instalaciones hidrosanitarias y vestuarios para el personal.
- Salas de descanso.
- Salas de formación y biblioteca.

Se debe disponer de un Centro de Control Operacional de Respaldo (CCO-R). El CCO-R, que opera en caso de presentarse una pérdida total o parcial de las funciones del CCO principal, debido a condiciones tales como: una evacuación, incendio, inundación de salas técnicas y ante una falla técnica que impida la operación del CCO. Se debe garantizar que la operación continúe desde el CCO-R en condiciones nominales.

A fin de asegurar el correcto funcionamiento, la sala técnica de servidores debe disponer como mínimo de los siguientes sistemas auxiliares:

- Climatización y ventilación.
- Sistema Contra incendios (Detección).
- UPS.
- Canalizaciones perimetrales o sótano de cables y racks.

#### 10.17.5.7 Criterios de diseño eléctrico para el CCO

Se parte de los estudios de prefactibilidad, documento de Requisitos Técnicos, sección 14 Alimentación eléctrica, en el cual determinan las cargas en kVA para el Centro de Control de operaciones.:

Tabla 2. Carga eléctrica del Centro de Control de Operaciones. CCO

Nombre de la Edificación	Carga [kVA]
CCO	300

Fuente: Estudio de prefactibilidad documento “Requisitos Técnicos, sección 14 Alimentación eléctrica”

Las cargas anteriores ya consideran una sobrecarga del 50% para las estaciones enterradas y pozos de ventilación por casos de emergencia como incendio.

Hay 2 subestaciones receptoras, SER, 115/34,5 kV, la primera ubicada cerca a la subestación La Castellana ubicada en la Autopista norte por calle 91 que será validada por el Operador de Red.

La segunda SER está ubicada en el Patio Taller. La Subestación más cercana a este SER, es la subestación Tibabuyes, que será validada por el Operador de Red.

El CCO se ubicará en la Estación 5 y 6, teniendo redundancia del CCO

#### 10.17.5.7.1 Fuentes de alimentación de energía eléctrica

Se ha previsto que el Centro de Control de Operaciones - CCO principal se ubique en la estación No.5 y el CCO de respaldo se localice en la estación No. 6.

Cada estación contará con dos subestaciones independientes alimentadas con dos anillos a 34,5 kV los cuales operan de la siguiente manera:

Condiciones normales: Alimentación desde la red pública, circuito 1 de 34,5 kV. Cuando falle la alimentación del circuito 1 de 34,5 kV, se realizará transferencia al circuito 2 de 34,5 kV.

El sistema de alimentación por el lado de media tensión opera con modo degradado (N-2), es decir que en caso de fallar dos elementos el sistema eléctrico continuará operando normalmente, como se muestra en la siguiente figura.

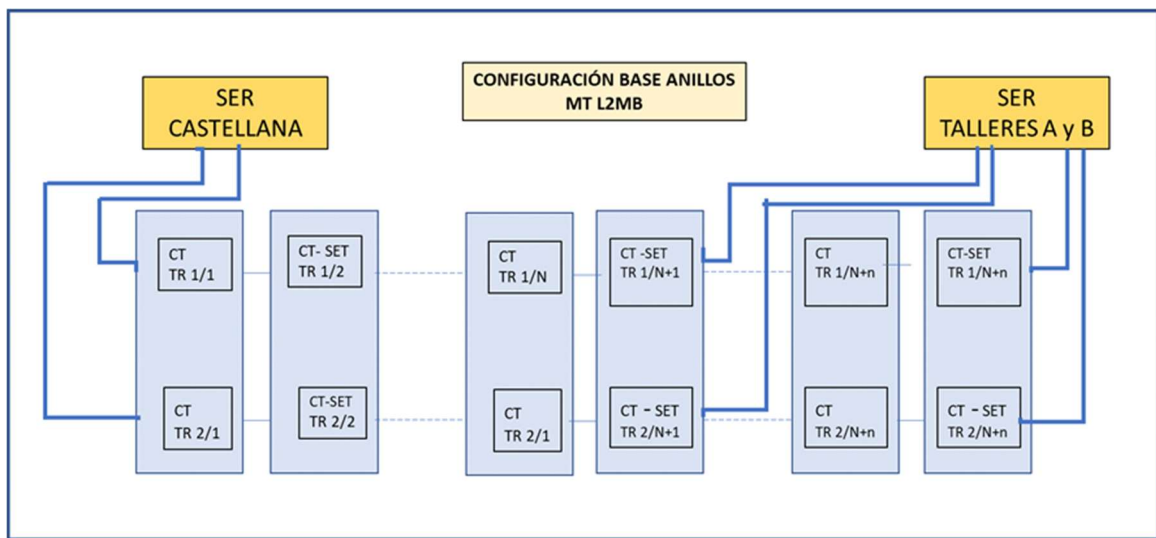


Figura 1. Configuración base de anillos MT

Desde cada una de las subestaciones ubicadas en las estaciones No. 5 y No. 6 se alimentarán dos barrajes independientes interconectados con interruptor de transferencia y desde estos barrajes se alimentarán los tableros de baja tensión que se localizan en el cuarto técnico de la zona del CCO.

MODO	SER Fuera de Servicio	SER TALLERES		SER CASTELLANA
		TR-A	TR-B	TR
NORMAL	Ninguna	X	X	X
N-1	SER Tall TR-A		X	X
	SER Tall TR-B	X		X
	SER Castellana	X	X	
N-2	SER Talleres TR A y B			X
	SER Tall TR-A y Castellana		X	
	SER Talleres TR-B y Castellana	X		

Figura 2. Modos de operación de las SER

Para las cargas críticas como data center, equipos de seguridad y otras que no admitan interrupción, se alimentarán desde dos (2) UPS trifásicas, redundantes entre sí, conectadas en una configuración en que las unidades puedan soportar las cargas críticas al mismo tiempo siendo cada una capaz de soportar toda la carga crítica. La autonomía total será de al menos cuatro (4) horas (2+2).

#### 10.17.5.7.2 Subestaciones, CTE

Se adoptarán los siguientes lineamientos en los diseños de las subestaciones que se deban diseñar por requerimiento de carga:

Subestaciones tipo capsulado para uso interior con transformadores secos clase F.

Las protecciones de los transformadores contra corto-circuito serán fusibles en el lado de media tensión e interruptores de caja moldeada en el lado de baja tensión.

En la siguiente figura se presenta un típico de subestación encapsulada CT alimentado por el anillo 1:

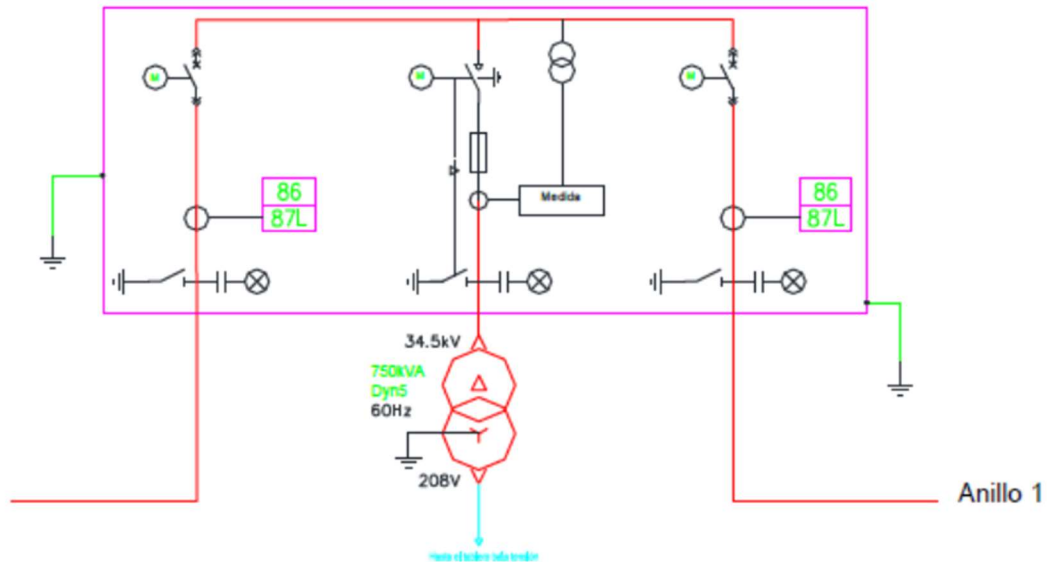


Figura 3. Típico de subestación encapsulada CT alimentado por el anillo 1

En la siguiente figura se presenta un típico de subestación encapsulada CT alimentado por el anillo 2:

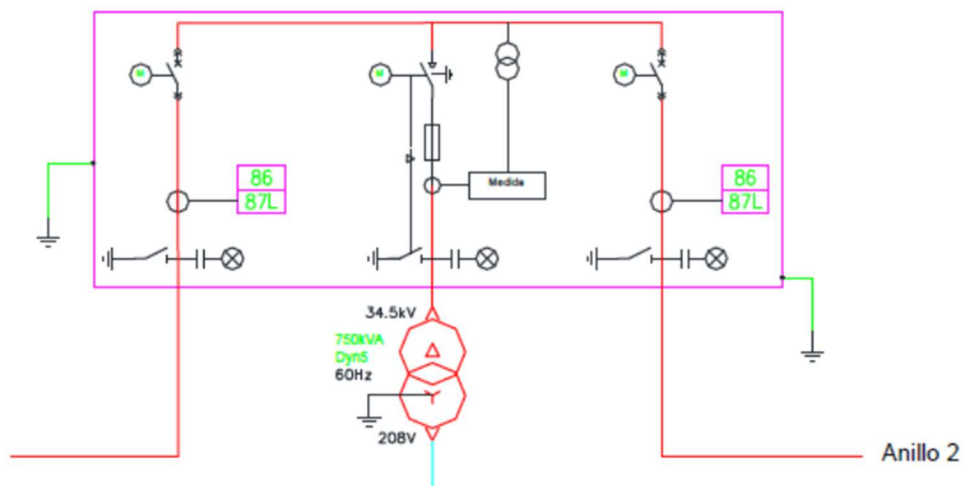


Figura 4. Típico de subestación encapsulada CT alimentado por el anillo 2

### 10.17.5.7.3 Conductores eléctricos

Se adoptarán los siguientes lineamientos en la selección de la clase de los conductores eléctricos:

En redes interiores de baja tensión se utilizarán conductores aislados monopolares de cobre aislamiento THHW o THHN 90° C; 600 V, o si se presenta alta concentración de personas se deberá utilizar cables con bajo contenido de halógenos, no propagadores de llama y baja emisión de humos opacos, HFFR.

Para las redes subterráneas de media tensión se utilizarán conductores XLPE, aislados a 35 kV.

Para las redes subterráneas de baja tensión se utilizarán conductores de cobre con aislamiento THHW 90° C.

#### 10.17.5.7.4 Sistema de puesta a tierra. SPT

Para elaborar el diseño del sistema de puesta a tierra se aplicarán los requerimientos establecidos en el RETIE artículo 15 “SISTEMA DE PUESTA A TIERRA”, que indica “...para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.” Igualmente se considerarán los requerimientos establecidos en las normas del Operador de Red.

La malla de puesta a tierra se diseñará en cable de cobre desnudo. Las conexiones de los cables de la malla serán soldadas exotérmicamente, y se dispondrá de platinas de cobre en los recintos de las subestaciones, tableros y en general donde se requiera para equipotencializar el sistema. Las conexiones de los conductores a las platinas se realizarán mediante terminales y conexiones pernaadas.

Todos los sistemas de puesta a tierra deberán estar interconectados entre sí de acuerdo con lo establecido en el artículo 15.1 del RETIE “REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA” numeral e).

El diseño del Sistema Integral de Protección contra Rayos – SIPRA se realizará tomando como referencia la norma técnica colombiana NTC 4552 – “Protección contra descargas eléctricas atmosféricas”.

Cada alimentador llevará un conductor de continuidad de puesta a tierra desde la platina del tablero general, tablero de distribución hasta los terminales de conexión a tierra de los equipos o tableros secundarios.

En los tableros de distribución principales se instalarán dispositivos de protección contra sobretensiones – DPS.

#### 10.17.5.7.5 Regulación de tensión

El dimensionamiento de cables y transformadores será tal que las tensiones en los sitios de utilización sean los adecuados para las cargas por alimentar. Desde bornes de transformador hasta los tableros de distribución se limitará la caída de tensión a un valor de 2% y desde el tablero de distribución hasta la carga más alejada será del 3%, para una caída máxima de tensión del 5%.

Resumiendo, el diseño de todas las instalaciones eléctricas y equipos contará con los siguientes criterios:

- Reducción de consumo energético: implementando tecnologías de menor consumo eléctrico y diseños con mayor eficiencia.
- Seguridad física: diseñando de manera integral tal que los dispositivos físicos permitan la instalación de los sistemas de encendido y apagado y demás componentes del sistema eléctrico sin que se atente

contra la integridad física de los pasajeros.

- Suplencia y respaldo de los sistemas de suministro eléctrico: garantizando el suministro 24/7 y en un evento de contingencia contando con un sistema de respaldo que satisfaga el suministro en el menor tiempo posible.
- Diseño interior de todos los componentes técnicos tales como: ductos, luces, estructuras, etc. que facilite al máximo las actividades de aseo y mantenimiento.

### 10.17.5.7.6 Iluminación

El diseño de iluminación del CCO, se elaborará de acuerdo con las siguientes normas técnicas en su versión vigente:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE - 2013.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano - 2017.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP - 2010.
- Illuminating Engineering Society THE LIGHTING HANDBOOK
- UNE-EN 12464-1 Norma europea
- CIE 97

La selección de la tecnología para las luminarias del CCO es LED.

Los niveles de iluminación están basados en la norma Colombiana RETILAP “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público” la cual estipula niveles mínimos, deslumbramiento y uniformidad según el uso de las áreas:

Tabla 3. Niveles mínimos, deslumbramiento y uniformidad según el uso de las áreas

Tipo de Interior, tarea y actividad	Iluminancia [lx]	Deslumbramiento UGR	Uniformidad Uo
Oficinas cerradas	500	19	0,50
Oficinas abiertas	750	19	0,50
Sala de reuniones	200	19	0,50
Baños	150	25	0,50
Escaleras	150	25	0,50
Enfermería	500	19	0,50
CCTV	300	22	0,50
Data Center	300	22	0,50
Recepción	300	22	0,50
Área de circulación y pasillos	100	28	0,50

Fuente: Tomada y adaptada del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. RETILAP

Cuando el área de uso no se indique en el RETILAP, se debe buscar en normas internacionales como la Illuminating Engineering Society.

La iluminación de emergencia debe cumplir con los siguientes requisitos que citados en el RETILAP:

- Los medios de evacuación deben iluminarse en todos los puntos, incluyendo ángulos e intersecciones de corredores y pasillos, escaleras, descansos y puertas de salida, con una iluminancia no menor de 10 luxes, medidos en el piso.
- En las vías de evacuación cuyo ancho no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.

Con base en la Tabla 440.1 “Índices UGR máximos y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades” del RETILAP, se determinarán los niveles requeridos para cada espacio de acuerdo con el uso y área a iluminar según los diseños arquitectónicos de las edificaciones.

Se aplicará el concepto de eficiencia energética de acuerdo con lo especificado en el RETILAP, numeral 440.3 “Eficiencia Energética en las Instalaciones de Iluminación”.

Todas las luminarias que se seleccionen deberán garantizar alta eficacia lumínica, factor de potencia, vida útil y baja distorsión armónica. Igualmente se tendrán en cuenta aspectos de eficiencia energética (EER).

La iluminación de emergencia será proyectada mediante luminarias tipo autónomo conectadas a la red de energía normal.

De acuerdo al Reglamento de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, todo diseño de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento que se basa en dos factores que son:

- Depreciación de la luminaria por ensuciamiento: Está dado por la norma CIE 97.
- Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla: La cual es dada por el fabricante de la luminaria.

#### *10.17.5.7.6.1 Iluminación de emergencia*

La iluminación de emergencia debe cumplir con los siguientes requisitos citados en el RETILAP:

- Los medios de evacuación deben iluminarse en todos los puntos, incluyendo ángulos e intersecciones de corredores y pasillos, escaleras, descansos y puertas de salida, con una iluminancia no menor de 10 luxes, medidos en el piso.
- En las vías de evacuación cuyo ancho no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.



La iluminación de emergencia será especificada mediante luminarias tipo autónomo conectadas a la red de energía normal.

#### 10.17.5.7 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas descritas en este capítulo son a nivel de factibilidad pero suficientes para que un tercero realice la ingeniería básica y detallada para construcción.

##### 10.17.5.7.1 Celdas de media tensión

El diseño, fabricación, pruebas e instalación de las celdas de media tensión deberán cumplir con lo estipulado en el RETIE capítulo 3. Requisitos de producto, tanto los criterios generales y los requisitos particulares de la sección 20.23. Tableros eléctricos y celdas y lo estipulado en las especificaciones técnicas y normas de CODENSA. Deben ser autosoportadas para uso interior.

Las celdas deben ser fabricadas bajo la norma IEC 62271-200: Equipos bajo envoltorio metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

El galvanizado debe cumplir con las normas, ASTM A123: Especificación para galvanizado en caliente de productos de hierro y acero, y la ASTM A153: Especificación para galvanizado en caliente de herrajes de hierro y acero.

Arco interno IEC 62271-200 Anexo A: "Method for testing the metal-enclosed switchgear and controlgear under conditions of arcing due an internal fault".

Los transformadores de corriente deben cumplir con la norma IEC 44-.1

Los transformadores de potencial deben cumplir con la norma IEC 186

Las celdas de media tensión deberán contar con la certificación de producto con RETIE expedido por un organismo acreditado por ONAC.

Las celdas deben ser del tipo blindadas compartimentadas. Como mínimo el compartimiento que aloja el interruptor o seccionador, debe ser un sistema de presión sellado y cumplir con la IEC 62271-200, para que se garantice una vida útil superior a 20 años libre de mantenimiento. La envoltorio que aloja lo anterior debe ser en acero inoxidable y debe ser soldada herméticamente.

La entrada de los cables a la celda debe ser por la parte inferior, y se debe proveer de prensaestopas que sellen el espacio entre los cables y la celda.

Las celdas se instalarán en cuartos con renovación de aire.

##### 10.17.5.7.2 Transformadores de distribución de media tensión

Diseño, fabricación y pruebas para transformadores trifásicos tipo seco, clase F, (T ambiente 40°C + punto caliente T 15°C + incremento de T 100°C = Total 155°C), con tensión en lado de alta, 34,5 kV, 60 Hz, grupo de conexión Dyn5. Tensión en BT de 208 voltios o 460 voltios, si aplica

Debe contar con derivaciones en el lado de media tensión de 5 posiciones y rangos de operación de +/- 2\*2,5% con derivación central.

El procedimiento de diseño, fabricación y pruebas debe estar de acuerdo con la norma IEC 60076, NTC 3654 "Transformador de potencia tipo seco", la especificación técnica de CODENSA ET013 "Transformador trifásico de distribución tipo seco, la norma técnica de CODENSA CTS518 "Instalación de transformador tipo seco en celda (Nivel 2)" y con lo estipulado en el RETIE capítulo 3. Requisitos de producto, tanto los criterios generales y los requisitos particulares de la sección 20.25. Transformadores.

Deben disponer de DPS en media tensión que cumpla con la norma IEC 60099-4 para fabricación e IEC 60587 para pruebas.

Los transformadores deberán contar con la certificación de producto con RETIE expedido por un organismo acreditado por ONAC.

Los transformadores tipo seco, para instalación interior, trifásicos, con bobinados encapsulados en resina epóxica al vacío, autorefrigerados (sin refrigeración forzada), los cuales serán instalados dentro de celdas metálicas, por lo tanto, las dimensiones, conexiones y demás requisitos del transformador deberán ser completamente coordinadas con la celda. El material de los devanados debe ser en aluminio.

#### *10.17.5.7.3 Tableros de distribución en baja tensión*

Diseño, fabricación y pruebas para los tableros de distribución para baja tensión, 600 V nominales.

Los tableros se deberán fabricar únicamente por empresas que cuenten con la certificación de conformidad del producto con RETIE expedida por un organismo acreditado por la ONAC.

Deberán cumplir con lo estipulado en el RETIE capítulo 3. Requisitos de producto, tanto los criterios generales y los requisitos particulares de la sección 20.23. Tableros eléctricos y celdas.

Los tableros deberán cumplir con las normas:

NTC 2050 sección 384 - Cuadros de distribución y paneles de distribución,

ANSI/IEEE C37.20 - Switchgear assemblies including metal-enclosed bus,

ANSI/IEEE C37.20.1 - Metal-Enclosed Low-Voltage, IEC 60947 - Low voltage switchgear and controlgear,

IEC 60445 - Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules of an alphanumeric system,

IEC 60473 - Dimensions for panel-mounted indicating and recording electrical measuring instruments.

NEMA 563 - Low voltage power circuit breakers.

#### 10.17.5.7.4 Medidores de energía

Los medidores de energía deben cumplir con la norma CODENSA Generalidades 7.4 - Medidores de energía eléctrica. Los medidores y armarios deberán contar con la certificación de conformidad de producto con RETIE expedido por un organismo acreditado por ONAC.

Los medidores usados para registro de consumo de energía, si aplica, deben ser medidores trifásicos tetrafilares, y deben cumplir con la norma CODENSA AE414.

#### 10.17.5.7.5 Especificaciones técnicas de materiales eléctricos

- **Conductores de cobre**

Los conductores de cobre deben ser COBRE PURO, 99,9 %, según norma NTC 1818, ICONTEC 307, ASTM B8, ICONTEC 359, ASTM B3

Temperatura de operación, 75°C

Temperatura máxima de operación, 90°C

- **Bandejas portacables**

Las bandejas portacables deben ser del tipo semipesado fabricadas en acero galvanizado en caliente y cumplir con las normas IEC 61537, NEMA VE-1.

- **Tubería IMC**

La tubería metálica tipo IMC se instalará a la vista en exteriores, en sitios donde se exponga a trabajo pesado y que se requiera hermeticidad de la instalación. La fabricación debe cumplir con las normas UL 1242; NTC-169; ANSI C 80.6.

Las pruebas que debe cumplir son las siguientes: Prueba de abocardado: Según norma NTC 103; Prueba de doblez: Según normas ANSI C 80.1 (UL 6), ANSI C 80.6 (UL 1242); Prueba de espesor de capa: Según normas ANSI C 80.6 (UL 1242).

- **Tubería EMT**

La tubería metálica tipo EMT se instalará en interiores en donde no se requiera hermeticidad de las instalaciones. La fabricación debe cumplir con las normas UL 797; NTC-105; ANSI C 80.3.

Las pruebas que debe cumplir son las siguientes: Prueba de abocardado: Según norma NTC 103; Prueba de doblez: Según normas UL 797, ANSI C 80.3 (NTC 105); Prueba de espesor de capa: Según normas UL 797.

- **Tubería PVC**

La tubería tipo PVC se instalará enterrada o embebida en muros y deberá cumplir con los requisitos y ensayos estipulados en las Normas NTC 979 y NTC 1630.

Las pruebas que debe cumplir se describen en la Norma NTC 105.

- **Bancos de ductos**

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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

Los bancos de ductos construidos con tubería PVC, serán utilizados para el tendido de las redes subterráneas de distribución primaria, secundaria, de alumbrado público y alimentadores de baja tensión.

El sistema de bancos de ductos debe cumplir con lo estipulado en la norma CODENSA CS generalidades 3.2.1. “Cámaras y ducterías”.

Los materiales que conforman los bancos de ductos deben cumplir con lo indicado en las normas CODENSA:

Tubería	PVC	según	norma	CODENSA	CS200,	CS201	y	CS201-1.
Relleno	subbase	granular	según	norma	CODENSA	CS207	a	CS221-1.
Arena	de	peña	según	norma	CODENSA	CS207	a	CS221-1.

Banda plástica según norma CODENSA CS273.

- **Cajas de inspección y halado**

Las cajas de inspección se requerirán según la aplicación y se tiene normalizadas del tipo sencillas, dobles, vehiculares para redes de media tensión, baja tensión y alumbrado público, y cajas para alojar seccionadores de maniobra.

Se debe cumplir con lo estipulado en la norma CODENSA CS generalidades 3.2.1. “Cámaras y ducterías”.

Los materiales y cantidades de construcción deberán estar de acuerdo con las normas CODENSA para cajas de inspección: CS290, CS280, CS277, CS276, CS275, AP274, AE280 Y AE281; y para marco y tapa: CS281-3, CS280-3, CS280-1, CS279, CS276-1, CS275-1 y AP279.



**Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero**

**Entregable 4**  
**Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte**  
**Anexo A**

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC



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

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VC

## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-03-2022	Integración general de modificaciones solicitadas	Observaciones de FDN/Interventoría/EMB. Se asigna el capítulo al Apéndice 5 del Anexo H
C	05-05-2022	-	Observaciones del Ministerio de Transporte. Se reasigna el capítulo a la Sección 10 del Anexo A

### REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 18-05-2022
Director de estructuración

### REVISIÓN Y APROBACIÓN

Revisó:  O. Véliz 05-05-2022	Revisó:  F. Faria 05-05-2022	Revisó:  C.L. Umaña 05-05-2022	Aprobó:  J.M. Martínez 05-05-2022
VoBo. Director Técnico	VoBo. Director Financiero	VoBo. Director Legal	VoBo. Director General de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

<b>A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO</b>	4
<b>10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN</b>	4
10.17. CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL	4
10.17.6. Sistemas Electrónicos	4
10.17.6.1. Sistema de voz y datos	4
10.17.6.1.1. Objetivos	4
10.17.6.1.2. Importancia	4
10.17.6.1.3. Funcionamiento	4
10.17.6.2. Sistema CCTV	5
10.17.6.2.1. Objetivos	5
10.17.6.2.2. Importancia	5
10.17.6.2.3. Funcionamiento	6
10.17.6.3. Sistema de detección y alarma contraincendios	6
10.17.6.3.1. Objetivos	6
10.17.6.3.2. Importancia	6
10.17.6.3.3. Funcionamiento	7

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. - Puntos de voz y datos en CCO.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama - Sistema de detección y alarma contraincendios

## A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO

### 10. INFRAESTRUCTURA BÁSICA NECESARIA PARA LA OPERACIÓN

#### 10.17. CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL

##### 10.17.6. Sistemas Electrónicos

###### 10.17.6.1. Sistema de voz y datos

###### 10.17.6.1.1. *Objetivos*

El sistema de voz y datos para el Centro de Control Operacional - CCO tiene por objeto incluir todos los equipos e infraestructura necesaria para implementar los sistemas de comunicación interna y externa de las estaciones para fines corporativos.

###### 10.17.6.1.2. *Importancia*

El sistema de voz y datos para el CCO permitirá a los usuarios encargados de las tareas administrativas y corporativas dentro del proyecto de la L2MB, contar con acceso a servicios que no hacen parte de la operación propia del sistema Metro, pero que sí hacen parte del proceso administrativo del mismo.

###### 10.17.6.1.3. *Funcionamiento*

Este sistema se basa en una red de puntos de conexión, tanto voz como datos, en distintas áreas del CCO, que estará ubicado en la parte superior de las estaciones 5 y 6 del sistema Metro.

La red de voz y datos en el CCO permitirá al personal del metro encargado de las tareas administrativas y corporativas dentro del proyecto de la L2MB, contar con acceso a servicios que no hacen parte de la operación propia del sistema Metro, pero que sí hacen parte del proceso administrativo del mismo.

De acuerdo con lo anterior, se busca tener puntos de voz y datos para zonas técnicas, salas de juntas y oficinas del personal del Metro.

En cada uno de estos sitios se contempla incluir puntos para conexión de red de voz y de datos conforme a lo indicado a continuación:



Tabla 1. - Puntos de voz y datos en CCO.

ZONA	ÁREA	PUNTOS RED VOZ Y DATOS CON PROPÓSITOS OPERACIONALES
Centro de Control Operacional	Cuarto técnico	Sí
	Recepción	Sí
	Cuarto de vigilancia	Sí
	Sala de juntas	Sí
	Cuarto de servidores	Sí
	Oficinas	Sí
	Sala de operaciones	Sí
	Sala de descanso	Sí
	Otras oficinas	Sí

#### 10.17.6.2. Sistema CCTV

##### 10.17.6.2.1. Objetivos

El sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) tiene como objeto la visualización, supervisión y almacenamiento, en tiempo real durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana, de imágenes de puntos estratégicos del CCO, contenido en las estaciones 5 y 6 del proyecto.

##### 10.17.6.2.2. Importancia

Este sistema, además de visualizar, supervisar y almacenar imágenes del CCO en tiempo real durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana, también tiene la capacidad de detectar intrusos en áreas restringidas y humo en las áreas operacionales. Adicionalmente, se contempla la identificación facial.

### 10.17.6.2.3. Funcionamiento

La red de video de las cámaras del CCTV estará enlazada en fibra óptica o cable UTP categoría 6A conforme a la distancia de la cámara al switch o concentrador. Se incluyen también switches con puertos ópticos y eléctricos que permiten la conexión de las cámaras. La consola en su conjunto incluye un videgrabador, monitor y software de manejo.

Las funciones del software del sistema CCTV son las siguientes:

- Configurar y gestionar remotamente los dispositivos: cámaras, monitores y los servidores de almacenamiento.
- Registrar y gestionar los usuarios que podrán utilizar el sistema, estableciendo distintos perfiles de usuario para limitar el acceso al sistema.
- Escoger el modo de visualización de las imágenes de las cámaras; es decir, si se quiere hacer por secuencias o grupos de cámaras que cambian de forma síncrona o si se quiere mostrar una o más cámaras permanentemente en el monitor.
- Ajustar la cantidad de cámaras a desplegar en cada monitor y el orden en que se visualizarán las mismas.
- Establecer una ventana hotspot. Esto significa que cuando el operador observe alguna cámara en la que esté ocurriendo algo a lo que se le deba prestar atención, pueda escoger, sin tener que dejar de visualizar la información de las demás cámaras, y ésta se enmarque en un borde de un color que resalte.
- Controlar el zoom de las cámaras.
- Acceder a los videos grabados.
- Monitorear el estado de los dispositivos pertenecientes al sistema CCTV. En caso de que se detecte algún fallo, se generará automáticamente una alarma que lo indique; además, esto deberá quedar registrado en un reporte.
- Desplegar la información relacionada con cada una de las cámaras: estado, tipo de cámara y ubicación
- Generar alarmas al operador en caso de detección de incidentes y anomalías

### 10.17.6.3. Sistema de detección y alarma contraincendios

#### 10.17.6.3.1. Objetivos

Como objetivos del sistema de detección y alarma contraincendios se busca cumplir con lo siguiente:

- Garantizar una detección temprana y confiable de un conato de incendio en las edificaciones del proyecto, incluyendo las áreas del CCO
- Propender por la seguridad humana, minimizar la afectación de bienes y limitar las posibles afectaciones sobre la operación de la L2MB.

#### 10.17.6.3.2. Importancia

Este sistema es de vital importancia para la seguridad de los usuarios y operarios del sistema, así como de los equipos y materiales de las estaciones. Este sistema garantizará una detección temprana y confiable ante la presencia de humo o calor en las distintas instalaciones de la L2MB.

10.17.6.3.3. *Funcionamiento*

El diseño para el sistema de detección y alarma contraincendios en cada estación ha considerado un panel controlador que se comunica con el CCO por medio de la red multiservicios RMS. Este sistema permitirá activar las alarmas de forma automática y manual. Para esto se instalarán detectores de incendio en la planta baja de la estación (zona de usuarios) y las galerías, además, se dispondrán de activadores manuales. En estos mismos lugares, se tendrán dispositivos que notificarán la alarma a los usuarios, operarios y personal del sistema. Es importante señalar que cada estación dispondrá de instrumentos de supervisión y control, donde se podrán observar las señales de flujo de los rociadores, gabinetes, además, del sistema de control asociado. En la Figura 1 se puede observar un diagrama general del sistema de detección y alarma contraincendios.

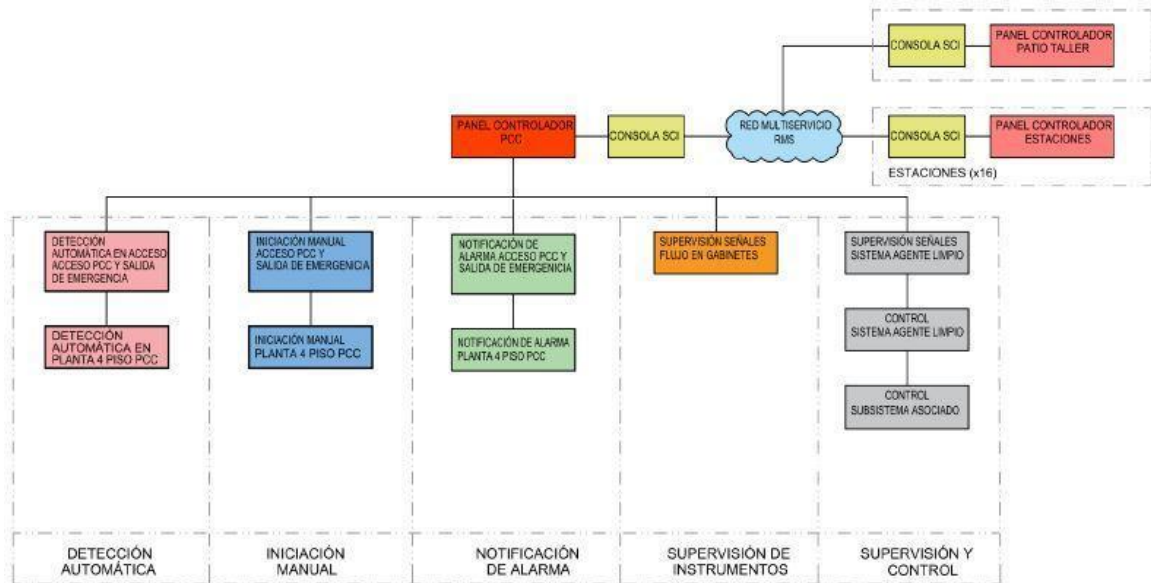


Figura 1. Diagrama - Sistema de detección y alarma contraincendios