

María Elinor... 3810739

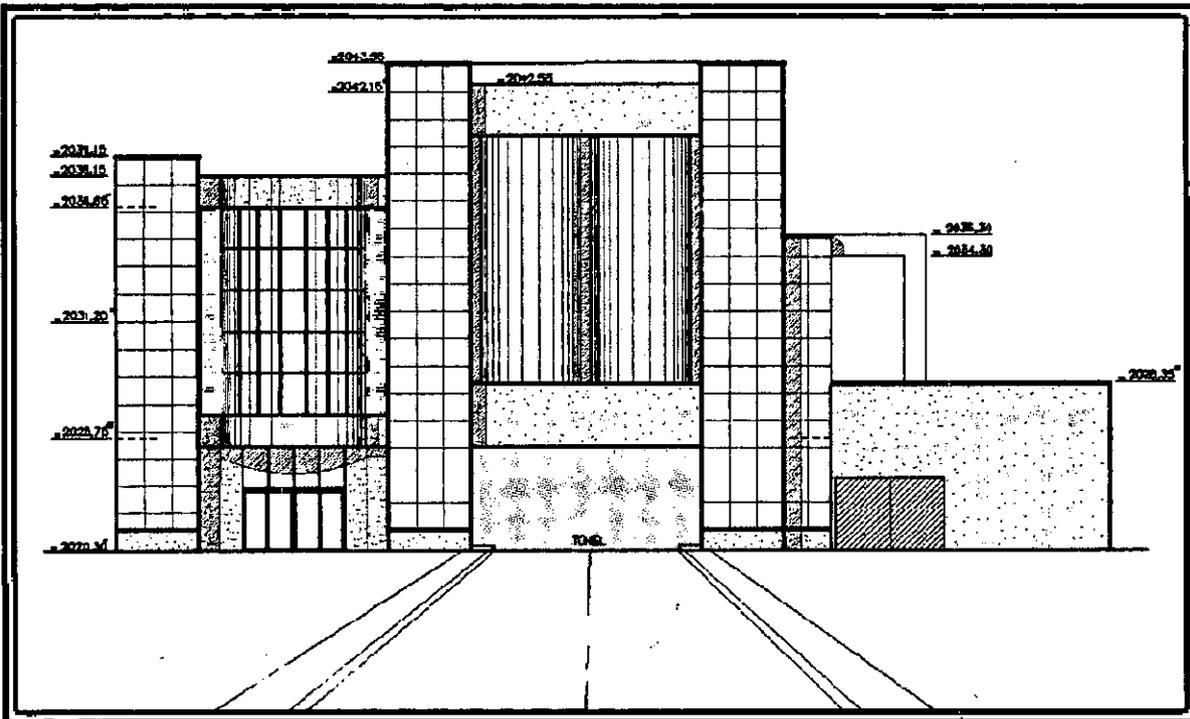
Boa 115



01 MAR 2000

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA  
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS ARCHIVO ADMINISTRATIVO

# CONEXIÓN VIAL ABURRÁ - ORIENTE



## INFORME FINAL ANEXO B - ESPECIFICACIONES EQUIPOS

ENERO, 2000

DIGITALIZADO



CONCESIÓN  
TUNEL ABURRÁ-ORIENTE S.A.

**INTEGRAL**

INGENIEROS CONSULTORES

CAJA 109

## CONEXIÓN TÚNEL ABURRÁ ORIENTE

### ANEXO B

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. SISTEMAS ELÉCTRICOS Y DE CONTROL.....</b>	<b>1.1</b>
1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE MONTAJE PARA LAS LÍNEAS A 13,2 kV Y RELOCALIZACIÓN DE REDES .....	1.1
1.1.2 Especificaciones de montaje .....	1.25
1.1.3 Relocalización de redes.....	1.45
1.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	1.46
1.2.1 Objeto y alcance.....	1.46
1.2.2 Equipos de media tensión.....	1.47
1.2.3 Equipos de baja tensión .....	1.62
1.2.4 Transformadores de potencia.....	1.77
1.2.5 Esquemas de control de los equipos eléctricos principales .....	1.89
1.2.6 Sistemas de potencia ininterrumpidos.....	1.100
1.2.7 Plantas de emergencia.....	1.111
1.2.8 Cables de fuerza y de ontrol.....	1.127
1.2.9 Bandejas portacables, tuberías y accesorios.....	1.137
1.2.10 Pruebas, montaje y puesta en servicio.....	1.142
1.2.11 Medida.....	1.152

**DIGITALIZADO**



Pág.

1.2.12	Pago .....	1.153
1.3	SISTEMA DE ALUMBRADO, FUERZA Y PUESTA A TIERRA DEL TÚNEL.....	1.154
1.3.1	Inspección y pruebas de fábrica .....	1.176
1.3.2	Presentación de documentos .....	1.177
1.3.3	Medida.....	1.177
1.3.4	Pago .....	1.178
1.4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS, SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO .....	1.179
1.4.1	Alcance del trabajo .....	1.179
1.4.2	Materiales y equipos.....	1.181
1.4.3	Montaje.....	1.192
1.4.4	Instalaciones electricas temporales .....	1.199
1.4.5	Inspección y pruebas de fábrica .....	1.200
1.4.6	Inspección y pruebas de campo .....	1.201
1.4.7	Presentación de documentos .....	1.203
1.4.8	Medida .....	1.203
1.4.9	Pago .....	1.204
1.5	SISTEMAS DE CONTROL, SUPERVISIÓN Y SEÑALIZACIÓN DEL TRÁFICO DEL TÚNEL .....	1.207



**Pág.**

1.5.1	Alcance .....	1.207
1.5.2	Generalidades .....	1.208
1.5.3	Normas .....	1.210
1.5.4	Planos y documentos .....	1.211
1.5.5	Configuración del sistema de control del túnel .....	1.211
1.5.5	Modos de operación .....	1.218
1.5.7	Operación de los sistemas .....	1.219
1.5.8	Cables.....	1.234
1.5.8	Medida y pago .....	1.235
1.5.10	Planos.....	1.235
1.5.11	Pruebas y puesta en operación .....	1.235
2.	<b>SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.....</b>	<b>2.1</b>
2.1	ANTECEDENTES.....	2.1
2.2	ALCANCE DEL TRABAJO .....	2.1
2.3	TRABAJOS NO INCLUIDOS DENTRO DEL ALCANCE .....	2.2
2.4	INFORMACION QUE DEBERA SUMINISTRAR EL CONTRATISTA..	2.2
2.5	PRESENTACION DE LA PROPUESTA.....	2.2
2.6	LISTA DE CANTIDADES Y PRECIOS .....	2.3
2.6.1	Generalidades .....	2.3
2.6.2	Precio de los equipos .....	2.3

2.6.3	Precios por el montaje de los equipos .....	2.4
2.6.4	Precios por las pruebas de los equipos y puesta en servicio del sistema .....	2.4
2.6.5	Precio de las partes de repuestos.....	2.4
2.7	PLAZOS DE ENTREGA .....	2.4
2.8	CARACTERISTICAS GARANTIZADAS DE LOS EQUIPOS.....	2.4
2.9	DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS. ....	2.5
2.10	ESPECIFICACIONES.....	2.5
2.10.1	Alcance .....	2.5
2.10.2	Características principales del túnel .....	2.6
2.10.3	Normalización .....	2.6
2.10.4	Materiales .....	2.7
2.10.5	Mano de obra.....	2.8
2.11	DESCRIPCION Y MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA .....	2.8
2.11.1	Descripción general de los sistemas .....	2.8
2.12	ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS .....	2.11
2.12.1	Bombas para el suministro de agua .....	2.11
2.12.2	Tableros controladores para las bombas.....	2.12
2.12.3	Tubería y accesorios de tubería .....	2.13
2.12.4	Accesorios de tubería .....	2.14
2.12.5	Válvulas .....	2.15

2.12.6	Válvulas de retención .....	2.16
2.12.7	Válvulas de globo .....	2.17
2.12.8	Conexión siamesa para bomberos .....	2.17
2.12.9	Conexiones flexibles .....	2.17
2.12.10	Conexión de drenaje y pruebas .....	2.17
2.12.11	Soportes .....	2.18
2.12.12	Rociadores automáticos .....	2.18
2.12.13	Hidrantes .....	2.18
2.12.14	Gabinetes para manguera .....	2.19
2.12.15	Extintores portátiles .....	2.19
2.12.16	Tablero de señalización, supervisión y alarmas para el sistema contra incendio .....	2.20
2.12.17	Instrumentos de medida y dispositivos de señalización y control .....	2.22
2.12.18	Detectores de flujo .....	2.23
2.12.19	Detectores de humo tipo fotoeléctrico .....	2.23
2.12.20	Detectores lineales de calor .....	2.24
2.12.21	Detectores de nivel .....	2.24
2.12.22	Alarmas sonoras .....	2.25
2.12.23	Alarmas visuales .....	2.25
2.12.24	Placas de identificación .....	2.25

2.13	INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS, TUBERÍAS Y ACCESORIOS ...	2.25
2.14	PROTECCION DE SUPERFICIES .....	2.26
2.14.1	Tubería y elementos de acero en interiores .....	2.26
2.14.2	Tuberías y elementos de acero enterrados .....	2.27
2.14.3	Tuberías y elementos de acero expuestos a la atmósfera .....	2.27
2.15	PRUEBAS DE LOS SISTEMAS CONTRAINCENDIO .....	2.27
2.15.1	Aspectos generales. ....	2.27
2.15.2	Especificaciones de pruebas. ....	2.28
3.	<b>SISTEMA DE VENTILACIÓN .....</b>	<b>3.1</b>
3.1	ANTECEDENTES.....	3.1
3.2	ALCANCE DEL TRABAJO .....	3.1
3.3	TRABAJOS NO INCLUIDOS DENTRO DEL ALCANCE .....	3.2
3.4	PRESENTACION DE LA PROPUESTA .....	3.3
3.5	LISTA DE CANTIDADES Y PRECIOS .....	3.3
3.5.1	Precios de los equipos.....	3.3
3.5.2	Precios unitarios por el personal de supervisión de pruebas y puesta en servicio de los ventiladores .....	3.4
3.5.3	Precio de las partes de repuesto .....	3.4
3.5.4	Precio de las herramientas especiales para montaje, mantenimiento y pruebas.....	3.4

3.6	PLAZOS DE ENTREGA .....	3.5
3.7	CARACTERÍSTICAS GARANTIZADAS DE LOS EQUIPOS.....	3.5
3.8	DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS .....	3.6
3.9	PROPUESTAS ALTERNATIVAS .....	3.6
3.10	ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	3.6
3.10.1	Características principales del túnel .....	3.6
3.10.2	Descripcion general del sistema .....	3.7
3.10.3	Normalización .....	3.9
3.10.4	Características de los equipos.....	3.9
3.10.5	Planos E Información Que Deberá Suministrar El Proveedor .....	3.13
3.10.6	Instalación de los equipos y pruebas del sistema.....	3.14
3.11	ANEXOS.....	3.15

**1. SISTEMAS ELÉCTRICOS  
Y DE CONTROL**



## **ANEXO B**

### **1. SISTEMAS ELÉCTRICOS Y DE CONTROL**

#### **1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE MONTAJE PARA LAS LÍNEAS A 13,2 kV Y RELOCALIZACIÓN DE REDES**

##### **1.1.1 Especificaciones técnicas para suministro de materiales**

**1.1.1.1 Alcance de las especificaciones.** Estas especificaciones se refieren a los requisitos y normas para suministro, embalaje, transporte hasta el sitio de la obra, pruebas de los materiales, equipos y elementos necesarios para las líneas de suministro de energía al túnel de la Conexión vial Aburrá - Oriente.

##### **1.1.1.2 Características generales de las líneas**

- Línea de suministro de energía al portal occidental. Esta línea a 13,2 kV, está comprendida entre la subestación Miraflores de Empresas Públicas de Medellín y el portal occidental del túnel de la conexión vial, con una extensión aproximada de 3,5 Km. El suministro de materiales para la línea de suministro de energía a las casetas de peaje, hace parte del suministro de ésta línea.
- Línea de suministro de energía al portal oriental. Esta línea a 13,2 kV está comprendida entre la subestación Córdoba de Empresas Públicas de Medellín y el portal oriental del túnel de la conexión vial, con una extensión aproximada de 4,8 Km, de los cuales 700m son canalizados y en cable aislado a 15 kV.

Las estructuras para circuito sencillo, tendrán las siguientes configuraciones : configuración tipo "V" en un sólo poste, tipo "H" y tipo trillizo, con postes de concreto, crucetas en perfilados metálicos y con un sólo cable de guarda. Dichas estructuras deberán ser venteadas donde así se requiera.

El suministro de materiales comprende:

- Cable conductor
- Cable de guarda
- Aisladores
- Postes de concreto de 12 y 14 m, incluyendo los vientos y sus accesorios



- Herrajes para las cadenas de aisladores, accesorios para los cables, crucetas, elementos para el sistema de puesta a tierra y herrajes diversos

### 1.1.1.3 Conductor

- **Alcance.** El conductor para las líneas a 13,2 kV será de aluminio con núcleo de acero, ACSR No. 4/0 AWG código PENGUIN.
- **Normas aplicables.** El diseño, la fabricación y las pruebas de los conductores deberán cumplir los requisitos y recomendaciones de la última edición de las normas aplicables, principalmente las siguientes:

ICONTEC NTC 1743	Alambrón de aluminio 1350 para usos eléctricos
ICONTEC NTC 1864	Cables de acero cincado utilizados como alma de los cables de aluminio
ICONTEC NTC 309	Cables de aluminio con núcleo de acero recubierto, para usos eléctricos
ASTM B-230	Specification for Aluminum 1350-H19 Wire, for Electrical Purposes
ASTM B-232	Specification for Concentric - Lay - Stranded Aluminum Conductors, Coated Steel - Reinforced
ASTM B-498	Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Core Wire for Aluminum Conductors, Steel Reinforced (ACSR)
ASTM B-500	Specification for Zinc-Coated (Galvanized) and Aluminum-Coated (Aluminized) Stranded Steel Core for Aluminum Conductors, Steel Reinforced (ACSR)

- **Características de los conductores.** Los conductores completos deberán ser diseñados para satisfacer los siguientes requisitos mínimos:



- Tipo ACSR No. 4/0 AWG PENGUIN
  - Área de la sección 125,1 mm<sup>2</sup>
  - Cableado 6 Al + 1 acero
  - Diámetro de los hilos:
    - Aluminio 4,77 mm
    - Acero 4,77 mm
  - Diámetro del conductor 14,30 mm
  - Resistencia de ruptura del conductor completo 3820 daN
  - Embalaje Carretes no retornables NR 36.22 (ASTM)
  - Longitud patrón del conductor completo en carretes 1305 m ± 5 %
- **Requisitos técnicos.** El conductor deberá ser fabricado con hilos redondos trefilados en frío. La resistencia nominal del conductor completo deberá ser verificada por medio de pruebas reales.

El área del conductor completo deberá ser determinada por las dimensiones y cableado de los hilos. El arreglo y cableado de los hilos deberán ser tales que no ofrezcan tendencia a destorcerse o abrirse cuando sean cortados.

El conductor deberá ser cableado concéntricamente y apretadamente, y no deberán existir aflojamientos en la capa externa del cable, a temperaturas menores de 40°C. Cada capa deberá ser cableada en dirección opuesta a la anterior, de tal forma que la capa externa resulte con un cableado a la derecha. Cada hilo de aluminio individual deberá ser cableado de modo que cuando el conductor sea cortado por una sierra, todos los hilos permanezcan substancialmente en su lugar.

- **Pruebas.** Será responsabilidad del Contratista realizar todas las pruebas mecánicas y otras pruebas y presentar los correspondientes informes. Si se dispone de informes de pruebas certificadas (pruebas previas similares) del material, La Sociedad Concesionaria puede decidir si acepta éstas, sin realizar pruebas adicionales.

Los hilos de aluminio y de acero galvanizado serán probados antes de efectuar el cableado.

Los hilos de aluminio serán sometidos a pruebas de tracción, flexión y resistividad, para verificar el cumplimiento de los requisitos de la especificación B-230 de la ASTM.

Los hilos de acero serán probados de acuerdo con la especificación B-498 de la ASTM para resistencia a la rotura, alargamiento y flexión. Además, serán probados para tensión a 1% del alargamiento bajo carga.

La galvanización de los hilos de acero será verificada antes y después del cableado, mediante pruebas para determinación del peso y adherencia de la capa de zinc, de acuerdo con las normas ASTM A-90 y B-498.

Las dimensiones y variaciones permisibles para los hilos de aluminio, los hilos de acero y el conductor completo, deberán estar de acuerdo con las normas ASTM B-230, B-498 y B-232.

El cableado de la capa externa de aluminio deberá estar de acuerdo con la especificación B-232 de la ASTM y será probado con muestras del conductor, seleccionadas por el proceso de muestreo.

La Sociedad Concesionaria se reserva el derecho de presenciar alguna o todas las pruebas. El Contratista debe notificar a La Sociedad Concesionaria la realización de las pruebas con un mes de anticipación. Si el representante de La Sociedad Concesionaria no asiste a la prueba, éstas serán realizadas por el Contratista y, en este caso los informes con resultados satisfactorios de las mismas serán enviados a La Sociedad Concesionaria.

- **Embalaje y expedición.** La longitud de cable del carrete patrón y las dimensiones del carrete deberán ser de acuerdo con lo indicado en este numeral.

Los carretes y el recubrimiento deberán ser de material y construcción que garanticen el suministro del conductor al sitio de la obra, libre de daños; deberán soportar todas las solicitudes debidas a la manipulación y operaciones de tendido y prevenir daños a los conductores debidos a estas operaciones, cuando las prácticas y equipos de construcción empleados sean normales y adecuados. La madera utilizada deberá ser de buena calidad y químicamente tratada, para que sea resistente a la acción del ambiente. El revestimiento deberá ser firmemente fijado en su lugar por cintas de acero. No deberá haber proyecciones puntiagudas que puedan dañar el conductor dentro del carrete.

El revestimiento será de madera dura, resistente, adecuada para la protección del conductor en los carretes durante todas las condiciones de manipulación, transporte y almacenamiento.

El conductor en cada carrete deberá estar firmemente asegurado en cada extremo. El extremo exterior del conductor deberá ser fijado con el conductor bajo tensión. La tensión debe ser tal que no sea permitido aflojamiento para las capas internas. El conductor deberá ser apretado y uniformemente enrollado en el carrete. Cada vuelta deberá ser colocada contra el lado de la vuelta precedente y la primera y última vueltas en cada caja deberán ser dispuestas contra la pestaña del carrete.

Cada carrete deberá ser marcado de forma que indique los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Nombre del comprador, número de la orden de compra y destino
- Tipo y calibre del conductor
- Longitud del conductor
- Peso neto y bruto
- Flecha en las dos caras del carrete, que indique el sentido en que el carrete girará al retirar el conductor. (El mismo en que debe ser rodado el carrete en la manipulación)

#### **1.1.1.4 Cables de guarda**

- **Alcance.** Los cables de guarda para las líneas de suministro de energía serán de aluminio con núcleo de acero ACSR 4, código SWAN.

- **Normas aplicables.** Para la fabricación del cable de guarda ACSR son aplicables las normas indicadas en el numeral anterior.
- **Características de los cables de guarda.** El cable de guarda para las líneas de suministro de energía deberá satisfacer las siguientes características mínimas:

- Tipo	ACSR No. 4 AWG, SWAN
- Área de la sección transversal	24,71 mm <sup>2</sup>
- Cableado	6 Al + 1 acero
- Diámetro de los hilos	
Aluminio:	2,118 mm
Acero:	2,118 mm
- Diámetro del cable:	6,35 mm
- Resistencia de ruptura del cable completo:	
	843 daN
- Embalaje:	Carretes no retornables NR 38.22 (ASTM)
- Longitud patrón del cable completo en carretes	3315 m±5%

- **Requisitos técnicos.** Son aplicables todos los conceptos mencionados en el numeral 1.1.1.3 de estas especificaciones.
- **Pruebas al cable de guarda.** El Contratista realizará todas las pruebas mencionadas en el numeral 1.1.1.3 de estas especificaciones, para demostrar que el material suministrado cumpla con las especificaciones. Los reportes de pruebas certificados deberán ser entregados a La Sociedad Concesionaria.



- **Embalaje y expedición.** La longitud de cable del carrete patrón y las dimensiones del carrete deberán ser de acuerdo con lo indicado en este numeral.

Cada carrete de cable de guarda deberá ser marcado, indicando los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Nombre del comprador, número de la orden de compra y destino
- Tipo y calibre del cable
- Longitud del cable
- Peso neto y bruto
- Flecha en las dos caras del carrete, que indique el sentido en que el carrete girará al retirar el cable (el mismo en que deberá ser rodado el carrete en la manipulación)

#### 1.1.1.5 Estructuras en postes de concreto

- **Alcance.** Para las líneas de suministro de energía al túnel de la conexión vial serán utilizadas estructuras, en un sólo poste, en "H" y tipo trillizo. Dichas estructuras estarán conformadas por postes en concreto de 12 m y 14 m..
- **Normas.** Las siluetas y dimensiones básicas de las estructuras corresponden a las normas de Empresas Públicas de Medellín.

Los postes deberán ser diseñados, fabricados y probados en todos los aspectos de acuerdo con las normas NTC aplicables. En cuanto a dimensiones y ubicación de huecos, deberán obedecer a la norma RA7-035 de Empresas públicas de Medellín.

Los postes deberán tener una placa de identificación que contenga la siguiente información:

- Comprador
- Fabricado por
- Altura
- Tensión de rotura
- Fecha de fabricación



- **Requisitos técnicos.** Los postes de 12 m serán de 750 kg y 1050 kg, mientras que los postes de 14 m serán de 750 kg, 1050 kg y 1350 kg.

Las estructuras serán venteadas donde sea necesario y será de responsabilidad del Contratista el cálculo de los vientos correspondientes

- **Pruebas.** El Contratista deberá hacer pruebas adecuadas para determinar si el material entregado bajo estas especificaciones está estrictamente de acuerdo con ellas. Por otro lado, el representante de La Sociedad Concesionaria podrá inspeccionar y aceptar o rechazar el material en la fábrica del Contratista. Cualquier costo en reparaciones y sustituciones de material defectuoso será por cuenta del Contratista, sin considerar el hecho de una aceptación previa en la fábrica.

El Contratista deberá entregar a La Sociedad Concesionaria los informes de materia prima, indicando las propiedades físicas y químicas de cada lote de material con el cual las estructuras serán fabricadas, así como de las demás pruebas efectuadas durante la fabricación de las estructuras

La Sociedad Concesionaria se reserva el derecho de obtener muestras de cualquier lote de material que esté siendo fabricado, para pruebas independientes hechas en laboratorio de su elección, y de eliminar cualquier lote de material cuyas pruebas no cumplan los requisitos de las normas NTC aplicables o de estas especificaciones.

- **Embalaje y expedición.** El material deberá ser enviado por el Contratista, embalado y marcado correctamente para almacenamiento y subsecuente transporte terrestre. El material deberá ser embalado en conformidad con las limitaciones y dimensiones de transporte especificadas.

El Contratista, deberá presentar una lista con todos los ítems, y hacer referencia a dicha lista, en los embarques parciales de material, para facilitar la identificación del material enviado.

#### 1.1.1.6 Elementos para vestidas de estructuras

- **Alcance.** Los elementos para vestidas de las estructuras, están comprendidos por: crucetas, diagonales metálicas, bayonetas, aisladores tipo pin, aisladores tipo suspensión, grapas terminales, grapas de suspensión, pararrayos,

cortacircuitos y demás herrajes necesarios para la instalación de las vestidas de cada una de las estructuras indicadas en los planos.

- **Normas aplicables.** Todos los elementos constitutivos de las vestidas de las estructuras, son material normalizado y deberán obedecer a las normas RA7 de Empresas Públicas de Medellín. Además deberán obedecer a las especificaciones técnicas unificadas del Sector Eléctrico Colombiano, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDET).

Los aisladores para las líneas a 13,2 kV del proyecto, serán del tipo pin y tipo suspensión, según normas NTC 739, clase AE-4 (ANSI C29.5 clase 55-4) y NTC 1170, clase AS-1 (ANSI C29.2, clase 52-1) respectivamente.

Las normas aplicables de Herrajes y Accesorios para Redes y Líneas Aéreas de Distribución y energía eléctrica, como: NTC 2270, 2616, 2618, 2665, 2272, 2806, 2973, 2995 Y 3735.

- **Requisitos técnicos para los herrajes de suspensión y amarre.** Los componentes de los conjuntos de herrajes, con excepción de las grapas de suspensión y amarre del conductor y del cable de guarda, deberán ser preferiblemente forjados a partir de acero al carbono. También será considerado el hierro maleable, hierro nodular o aluminio, siempre que el Contratista pueda garantizar las mejores condiciones para satisfacer el desempeño mecánico y eléctrico requerido por estas especificaciones. Los materiales ferrosos deberán ser galvanizados.

Las grapas de suspensión y de retención del conductor y cable de guarda ACSR deberán ser de aleación de aluminio.

Las partes metálicas deberán estar libres de rebabas, cantos afilados, protuberancias y escorias y deberán ser uniformes para que las partes interconectables se ajusten perfectamente y puedan ser montadas y desmontadas con facilidad. Las partes de acero roscadas deberán ser galvanizadas y el exceso ser removido de las roscas. Las tuercas y contratueras deberán ser roscadas después de galvanizadas y deberán correr a lo largo de las roscas de los tornillos, sin necesidad de usar llave. Las clavijas deberán ser de cierre automático, para que no sea necesario curvar sus extremos después de instaladas.

Los conjuntos de herrajes para la suspensión del conductor y del cable de guarda, incluirán las varillas de blindaje para protección de los mismos. Las



varillas deberán ser de aleación de aluminio. Las varillas deberán ser completamente preformadas y tener el mismo paso de la caja externa del conductor o cable de guarda en el cual serán aplicadas. Las varillas deberán tener su centro marcado, para facilitar la instalación.

Las grapas de suspensión deberán ser capaces de retener el conductor (o cable de guarda) sin ningún deslizamiento, bajo las condiciones de tiro unilateral igual al 25 % de la tensión de rotura del conductor y deberán tener una resistencia mínima a la rotura igual al 60% de la tensión de rotura del respectivo conductor.

Las grapas de retención del conductor y del cable de guarda serán del tipo pasante, pernadas tipo recta.

Las grapas de retención del conductor y del cable de guarda deberán tener una carga de rotura y una resistencia al deslizamiento respectivamente del 100% y 95% de la tensión nominal de rotura del correspondiente conductor o cable de guarda.

Los conjuntos de herrajes de suspensión y de amarre deberán presentar una carga de ruptura compatible con la carga de ruptura del conductor o cable correspondiente.

- **Pruebas.** Será responsabilidad del Contratista realizar las pruebas eléctricas y mecánicas establecidas en la norma que se aplique, y presentar los correspondientes informes. Si se dispone de informes de pruebas certificadas (pruebas previas similares), La Sociedad Concesionaria puede decidir si acepta éstas, sin realizar pruebas adicionales.

Las pruebas a los aisladores deberán ser ejecutadas de acuerdo con las normas ANSI C-29.1 ó IEC-383.

El Contratista garantizará a La Sociedad Concesionaria que el material suministrado está estrictamente de acuerdo con estas especificaciones. Será responsabilidad del Contratista realizar todas las pruebas mecánicas u otras pruebas y presentar el reporte de pruebas certificadas correspondientes.

- **Embalaje y expedición.** Los elementos de las vestidas de las estructuras, deberán ser embalados en cajas de madera, con un forro impermeable. Las cajas deberán proporcionar protección adecuada contra la contaminación salina, ataque químico y daños durante el transporte terrestre. No se deberá



mezclar en una sola caja, diferentes tipos de elementos, aún más si estos son frágiles.

Cada caja deberá tener una etiqueta o estar adecuadamente marcada, indicando los siguientes datos:

- El nombre del fabricante
- El nombre del comprador, número de la orden y destino
- Tipo de elemento empacado
- Para los aisladores, la resistencia electromecánica combinada de las unidades en kilogramos
- Peso neto y bruto de la caja, en kilogramos

#### 1.1.1.7 Accesorios para el conductor y el cable de guarda

- **Requisitos técnicos.** Los empalmes de tensión plena del conductor y el cable de guarda ACSR, deberán ser del tipo a compresión y deberán consistir de una junta tubular (manguito) de acero, para compresión del núcleo del conductor y de un manguito de aluminio, de una pureza de por lo menos 99,5 %, para compresión del conductor completo. Este manguito deberá permitir la aplicación de un compuesto especial para protección anticorrosiva de las partes de acero y para garantizar la conductividad del conjunto.

Los empalmes deberán desarrollar un mínimo de 95% de la tensión nominal de ruptura del conductor o del cable de guarda. La conductividad de los empalmes no debe ser menor que la del conductor o del cable de guarda para el cual han sido diseñados.

Los conjuntos de reparación del conductor consistirán de un cuerpo tubular del tipo a compresión y de un compuesto fijador de conductividad, que debe garantizar que la conductividad del conjunto no sea menor que la del conductor. La Sociedad Concesionaria podrá aceptar conjuntos de reparación, del tipo preformado.

Los amortiguadores de vibraciones tipo Stockbridge serán instalados en los conductores y cable de guarda. La grapa del amortiguador deberá tener un área de contacto suficientemente grande para no permitir la deformación del cableado de aluminio. Los amortiguadores no deberán deslizarse al conductor, como resultado del contacto con éste. Cada peso del amortiguador debe

poseer un orificio de drenaje, posicionado en el fondo de cada peso, cuando el amortiguador sea instalado.

- **Embalaje y expedición.** El material debe ser expedido por el Contratista, embalado adecuadamente y tratado para embarque, almacenaje prolongado y subsecuente transporte terrestre.

El Contratista preparará y entregará a La Sociedad Concesionaria una lista detallada del material y deberá referirse a ésta en su lista de embalaje para los embarques parciales de material, con el fin de facilitar su identificación.

#### 1.1.1.8 Herrajes misceláneos

- **Requisitos técnicos.** Los conectores y grapas deberán cumplir las normas NEMA CC1 y CC3 que sean aplicables, en su última revisión.

Los conectores y grapas bifilares para los conductores y cables de guarda ACSR serán de aleación de aluminio.

El electrodo para puesta a tierra estará constituido por una varilla Cooperweld de un diámetro de  $\frac{3}{4}$  ".

- **Normas.** Las grapas bifilares deberán cumplir la norma NEMA. CC3. "Connectors for Use Between Aluminum or Aluminum Copper Overhead Conductors"
- **Embalaje y expedición.** El material debe ser expedido por el Contratista, embalado adecuadamente y tratado para embarque, almacenaje prolongado y subsecuente transporte terrestre.

El Contratista preparará y entregará a La Sociedad Concesionaria una lista detallada del material y deberá referirse a ésta en su lista de embalaje para los embarques parciales de material, con el fin de facilitar su identificación.

**1.1.1.9 Cables aislados a 15 kV.** El conductor en canalización, deberá ser monopolar, calibre No. 4/0 AWG. Este cable será de cobre trenzado, clase B, para una temperatura máxima de 90 grados centígrados.

El aislamiento del cable será de polietileno reticulado XLPE, 133%, 15 kV, adecuado para sitios húmedos. Los cables deberán ser apantallados y deberán tener una chaqueta de PVC.

El Contratista suministrará junto con los cables : conos de alivio, conectores y demás accesorios adecuados para la terminación de los cables descritos anteriormente, y para su correcta instalación. No se admitirán empalmes.

Los conos de alivio deben ser para instalación a la intemperie e interior. Los conos de alivio para instalación tipo intemperie tendrán las campanas necesarias para proporcionar una distancia de fuga apropiada para el sistema, con un mínimo de tres campanas. Los terminales deberán tener todos los accesorios para sellar la terminación del cable y evitar la entrada de agua, y para la conexión a tierra de la pantalla de los cables.

**1.1.1.10 Cajas de unión y tuberías.** Para la protección de los conductores eléctricos en las zonas en que estos estén canalizados, se utilizará tubería PVC, tipo DB-60, de  $\phi 4"$  de diámetro, desde una caja al lado del poste terminal, hasta la conexión con los cárcamos de la subestación.

Las tuberías no deberán presentar : deformaciones, fisuras, líneas de falla, signos de maltrato, etc.

Todos los ductos sin excepción al abocar a las cajas de unión, lo deben hacer con un adaptador terminal campana de PVC tipo DB-60.

Los ductos y accesorios de PVC deberán cumplir con las siguientes normas : NTC 369, 470, 979, 1125, 1630.

El suministro de las cajas de unión deberá comprender todos los materiales necesarios para la fabricación total de la caja. Las cajas de unión deberán obedecerán a la norma RS3-002 de Empresas Públicas de Medellín.

#### **1.1.1.11 Elementos para la conexión a la subestación**

- **Generalidades.** La conexión de la línea de suministro de energía al portal occidental, se tiene prevista a ser realizada a una celda de media tensión en la subestación Miraflores. Para la línea de suministro de energía al portal oriental, la conexión está prevista a una celda de media tensión en la subestación Córdoba; ambas subestaciones de Empresas Públicas de Medellín.

La conexión a la subestación será realizada desde el poste terminal de la línea, y desde allí canalizada a través de ductos hasta los cárcamos de la

subestación, que comunican con las celdas de 13,2 kV. La norma de Empresas Públicas de Medellín utilizada, es la RA2-019, sin salida para circuito de emergencia.

Las características eléctricas del sistema al cual se conectarán las líneas son las siguientes:

- Tensión asignada de operación, kV 13,2
  - Tensión máxima asignada del sistema, Um, kV 15
  - Conexión a tierra del sistema Sólidamente puesto a tierra
  - Frecuencia asignada, Hz 60
  - Tensión asignada soportada al impulso atmosférico (BIL), kV pico 110
  - Tensión asignada soportada a la frecuencia industrial (60 Hz), Kv 34
  - Corriente continua de la barra principal, A 600
- **Alcance.** En este numeral se especifican los requisitos para el diseño, fabricación, suministro y pruebas de los equipos para la conexión de la líneas a 13,2 kV a la subestaciones Miraflores y Córdoba, incluyendo: celda de media tensión, interruptor de potencia, protecciones, equipos de medida de energía a 13,2 kV, transformadores de medida y protección, tuberías, cables, instrumentos, soportes y demás accesorios requeridos.

Esta parte del suministro deberá efectuarse de acuerdo con el conjunto de requisitos que se establecen en los Documentos de Contratación teniendo en cuenta, especialmente, la intención y el alcance fundamental de éstos en el sentido de obtener un suministro completo. En consecuencia, cualquier elemento, dispositivo, componente o accesorio que sea necesario para lograr que los demás componentes de los tableros eléctricos de media tensión a 13,2 kV y los tableros mismos, como conjunto, puedan operar en forma satisfactoria, segura y confiable deberá ser considerado por el Contratista e incluido como parte del suministro, aunque no haya sido expresamente especificado. Así



mismo las características de los equipos deberán ser seleccionadas de acuerdo con las características de las fuentes de alimentación y las cargas a ser conectadas.

- **Normas.** En general todas las condiciones para la conexión, así como la clase de precisión de los equipos de medida deberán regirse por el código de distribución, CREG-070.

En general, todos los equipos deberán cumplir con las partes aplicables de la última edición de las siguientes normas para materiales, diseños y pruebas:

ANSI C37.04	"Rating structure for A.C. high-voltage circuit breakers rated on a symmetrical current basis".
ANSI C37.06	"A.C high-voltage circuit breakers rated on a symmetrical current basis - Preferred ratings and related required capabilities".
ANSI C39.1	"Requirements for Electrical Analog Indicating Instruments".
IEC 56	"High-voltage alternating current circuit - breakers"
IEC 99-4	"Part 4: Metal oxide surge arresters without gaps for a.c. systems".
IEC 185	"Current transformers"
IEC 186	"Voltage transformers"
IEC 255	"Electrical relays"
IEC 298	"A.C Metal Enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 72.5 kV".
IEC 521	"Class 0.5, 1 and 2 Alternating-Current Watthour Meters"
EPM	Empresas Públicas de Medellín - Normas de diseño y construcción. Redes aéreas para distribución de energía.

Y demás normas NTC aplicables.



- **Características de los equipos**

- **Celda de media tensión.** La celda deberá ser para instalación interior, ser una estructura autosoportada, apta para ser usada sola o en combinación con otras celdas para formar un conjunto uniforme. La celda para interruptor serán ejecución "Metal-clad". La celda será unida a otras por medio de pernos.

Las celda de media tensión deberá ser construida o formada por secciones de láminas de acero lisas de 2.5 mm de espesor, fijadas a perfiles estructurales de acero reforzado para formar una estructura rígida y autosoportada, conformando estructuras simples con la base de la fundación. Los pernos de anclaje, del tipo expansión, los marcos para montaje en el piso y en general todos los elementos para nivelación deben ser incluidos dentro del suministro de las celda.

La celda deberá ser completamente cerrada para evitar la entrada de polvo y de agua y para evitar contactos involuntarios. En la ejecución de la celda se deberán incorporar compartimientos internos independientes con separación metálica, confiable, para el cableado y el control secundario, los interruptores, los barrajes, los transformadores de instrumentos y las conexiones de los cables de media tensión. El paso del barraje entre celdas debe tener una lámina de separación con pasamuros.

Los barrajes del tablero serán trifásicos, tres hilos. Estos barrajes, al igual que la barra de tierra estarán constituidos por barras rectangulares de cobre electrolítico, de una conductividad del 98% con una capacidad continua de 600 A, sin exceder los aumentos de temperatura permisibles indicados en las normas y una densidad máxima de corriente de 1,8 A por mm<sup>2</sup>. Las barras deberán tener un aislamiento del tipo termoencogible, adecuado para el nivel de aislamiento del tablero. El aislamiento de las barras deberá ser completo e incluirá tanto las uniones como los ángulos y derivaciones. Los barrajes en compartimientos independientes, deberán montarse sobre soportes aislantes de resina epóxica y deberán tener propiedades dieléctricas y mecánicas coordinadas con las capacidades de los interruptores y soportarán los esfuerzos dinámicos debidos a por lo menos 2,5 veces la máxima corriente de cortocircuito. Las platinas de empalme, los extremos de las barras y todos los puntos de conexión deberán ser plateados para obtener un contacto plata-plata de alta presión.



La celda se debe alambrear completamente y los cables para conexiones a otras celdas se deben llevar a borneras. Todo el alambrado debe ser nítido, técnicamente desarrollado, sin empalmes y con arreglo uniforme de los circuitos. Los conductores que conectan los dispositivos a la bornera deben marcarse en ambos extremos con elementos de identificación del tipo anillo pregrabado, los cuales deben identificarse también en los planos de los equipos. Todos los contactos para señalización remota deben ser libres de potencial y deben ser cableados a borneras.

El suministro debe incluir las abrazaderas para fijar los cables de media tensión a las celdas y las prensaestopas para sellar la entrada de los cables a las celdas.

El cableado interno de las celdas debe hacerse en tal forma que permita un fácil acceso e intervención de labores de mantenimiento. El cableado a los equipos instalados en las puertas deberá realizarse con conductores flexibles mínimo de 41 hilos y deberá ser lo suficientemente flojo para permitir la apertura de las puertas sin producir tensiones mecánicas sobre los cables.

La celda, incluyendo el equipo contenido, se debe diseñar para ser manejado como una unidad, y debe tener argollas de alce removibles.

La celda debe tener una barra de cobre continua para tierra, fijada adecuadamente a la celda, con borne para conectar un cable de 70 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG). La dimensión mínima de la barra de tierra debe ser 30 x 5 mm.

La celda deberá tener un interruptor automático <sup>mini</sup> (minibreaker) <sup>small - little</sup> con dos contactos de señalización para la protección de los circuitos de corriente continua e interruptores miniatura para alimentar los circuitos: de calefacción, alumbrado y tomas de la celda.

El Contratista deberá someter a aprobación de La Sociedad Concesionaria todos los planos eléctricos y mecánicos relacionados con el suministro, en los cuales se muestre el diseño propuesto y disposición de equipos, antes de proceder a la construcción de la celda.

El Interruptor deberá poseer enclavamientos en forma tal que sólo pueda ser cerrado si la puerta de acceso a la celda está cerrada; a su vez, la puerta de acceso podrá abrirse sólo si el interruptor está abierto. Cuando la celda esté abierta, las partes que permanezcan bajo tensión deberán tener una barrera aislante de protección contra toque accidental.

La celda a 13,2 kV debe estar diseñada para entrada y salida de cables por la parte inferior de las celda.

- **Interruptor automático de potencia.** El interruptor automático será tripolar del tipo extraíble para uso interior, con medio para extinción del arco en vacío o SF<sub>6</sub> (hexafloruro de azufre), con mecanismo de operación por energía acumulada en resortes, operado eléctrica y manualmente.

El interruptor automático deberá cumplir con las características generales del numeral 1.1.1.11 y adicionalmente las siguientes:

Corriente asignada, A	600
Corriente asignada de cortocircuito; kA	31,5
Ciclo de operación	CO-15s-CO
Tensión del mecanismo de operación	125 Vcc + 10%, - 15%
Tensión auxiliar de control	125 Vcc + 10%, - 15%
Tiempo total máximo de interrupción	5 ciclos con base en 60 Hz

El mecanismo de operación deberá ser accionado mediante un motor de 125 Vcc, y mediante una palanca removible para operación manual, con una capacidad de operación disparo-cierre-disparo sin que sea necesario recargar el mecanismo.

El interruptor automático de potencia deberá tener suficiente cantidad de contactos auxiliares para ser usados en los enclavamientos, control, señalización local y remota..

El Interruptor deberá poseer enclavamientos en forma tal que sólo pueda ser cerrado si la puerta de acceso a la celda está cerrada; a su vez, la puerta de acceso podrá abrirse sólo si el interruptor está abierto.

Se deberán suministrar además los siguientes enclavamientos mecánicos adicionales : Para prevenir el movimiento del interruptor hacia o desde su posición de contacto cuando el interruptor esté cerrado y para prevenir el cierre del interruptor a menos que los dispositivos de desconexión primaria estén en contacto total o separados a una distancia segura.

El diseño del mecanismo de posición deberá ser tal que el elemento removible se auto-guie y continúe en su sitio sin la necesidad de barras de

soporte o pernos. El elemento removible deberá rodar libremente fuera de su estructura a la posición de reposo.

Se deberán suministrar equipos de desconexión removibles para los controles y mandos del interruptor.

El interruptor deberá ser suministrado con los accesorios necesarios ya mencionados incluyendo, pero no limitados a los siguientes:

Indicador de posición de "Prueba" y "Conexión" con lámpara de señalización azul y blanca.

Indicador de resorte cargado o descargado

Indicador del interruptor "cerrado" y "abierto" con lámpara de señalización roja y verde.

Placa de características en español

Enclavamientos eléctricos

Enclavamientos mecánicos

Contador de operaciones

Suiches auxiliares de señalización y control

Palanca desprendible para operar el interruptor

Conmutador de control del interruptor

Indicador de densidad y/o presión para el SF<sub>6</sub> con contacto de alarma (si es aplicable).

Suiche selector de fuera de servicio para el control del interruptor.

- **Transformadores de medida y protección**
- **Transformadores de corriente.** Los transformadores de corriente deberán ser tipo de un solo primario, tipo seco, para montaje tipo interior.

Los transformadores de corriente deberán tener las siguientes características eléctricas:

Tensión nominal (fase a fase) rms	13,2 kV
Frecuencia	60 Hz
Clase de aislamiento, rms	15 kV
Nivel de aislamiento al impulso básico (BIL), pico	110 kV
Corriente primaria nominal	300 A
Corriente secundaria nominal	5 A
Capacidad de corriente para esfuerzos mecánicos, rms	78,8 kA
Capacidad de corriente para esfuerzos térmicos (1 seg.), rms	31,5 kA
Factor de capacidad de corriente permanente, basado en 30°C	1,2
Clase de exactitud núcleo de medida	Cl 0.5
Clase de exactitud núcleo de protección	5P20

El Contratista deberá suministrar los transformadores de corriente con el número de núcleos que sean necesarios para implementar el sistema de protección y medida correctamente.

La capacidad de los transformadores deberá estar de acuerdo con las características de los "burden" alimentados por ellos y deberá ser determinada por el Contratista.

- **Transformadores de potencial.** Los transformadores de potencial deberán ser tipo seco moldeados en resina aislante, para instalación tipo interior. Los transformadores serán conectados en Y puesta a tierra. Los transformadores de potencial deberán tener las siguientes características:



Voltaje primario nominal	13,2 $\sqrt{3}$ kV
Voltaje secundario nominal	120 $\sqrt{3}$ V
Clase de aislamiento	15 kV
Nivel de aislamiento al impulso básico (BIL), pico	110 kV
Frecuencia	60 Hz
Clase de exactitud	Cl 0.5

La capacidad de los transformadores de potencial deberá estar de acuerdo con las características de los "burden" alimentados por ellos y deberá ser determinada por el Contratista. Los transformadores deberán ser conectados a los contadores de energía con cable aislado para 600V, cableado clase B.

- **Contadores de energía.** Los contadores de energía serán instalados en la celda de media tensión. Los elementos de medida deberán ser montados en la cara frontal del cubículo de medida.

Se deberán instalar borneras cortocircuitables y seccionables para la conexión a los transformadores de corriente y de potencial, respectivamente. Los transformadores de corriente deberán poderse colocar en cortocircuito en las borneras sin necesidad de mover el cableado. De igual forma los circuitos de los transformadores de potencial deberán poderse abrir en las borneras sin necesidad de mover el cableado. El cableado a los instrumentos instalados en la puerta deberá ser en cable extraflexible.

El contador de energía a instalar deberá ser un medidor multifuncional, que comprenda medida de energía activa, reactiva y registros de demanda máxima.

El contador deberá ser adecuado para ser conectado a tres (3) transformadores de corriente conectados en estrella con relación 300/5A; y a tres transformadores de potencial conectados en Y, con relación 13200/120 Voltios línea a línea. El contador de energía activa y reactiva deberá ser trifásico, de cuatro hilos con tensión nominal de 120 Voltios y corriente nominal de 5A, adecuados para operación continua.

El contador deberá ser clase 1 para medida de energía activa y ser clase 3 para medida de energía reactiva. Además, deberá tener registro de demanda máxima.

El Contratista deberá suministrar información técnica de los contadores de energía activa y reactiva con la propuesta.

- **Equipo integrado de protección.** El Contratista deberá suministrar un equipo digital que realice de manera integrada, mediante el software apropiado, las funciones de protección adecuadas para cada una de las líneas.

El equipo deberá alimentarse de los devanados secundarios de los transformadores de tensión y corriente aquí especificados y se localizará en la parte superior de la celda. Tendrá un despliegue digital que mostrará el valor de la variable seleccionada mediante un selector que estará localizado en la parte frontal del equipo.

El equipo contará con el número de contactos suficientes para llevar las señales de alarma y control requeridas para efectuar la apertura del interruptor asociado y la señalización local.

El equipo deberá estar provisto con los contactos suficientes para indicación y con un puerto para comunicación serial tipo RS232C. Los contactos para señalización remota deben ser independientes, libres de potencial y cableados a borneras.

Se deberán suministrar los medios que permitan la programación y verificación del funcionamiento de estos equipos. La tensión auxiliar deberá ser 125 Vcc.

El equipo deberá realizar las funciones de protección de sobrecorriente de fases y neutro, y de recierre. Además deberá indicar, en una pantalla digital, las señales análogas de corriente, tensión y potencia activa.

Será de responsabilidad de el Contratista el diseño del esquema de protección, cumpliendo las funciones mínimas descritas. Se debe disponer la previsión de la conexión al relé diferencial de barras del sistema de 13,2 kV, disponible en la subestación, para lo cual se deberá utilizar un núcleo independiente al de las protecciones de la línea.

El Contratista deberá realizar el estudio de coordinación de protecciones e indicar el ajuste que se debe dar a cada relé y someterlo a la aprobación de La Sociedad Concesionaria. Así mismo, deberá coordinar con la empresa suministradora de energía.

El relé será de estado sólido, del tipo extraíble desde el frente del panel sin necesidad de desconexión de terminales y sin que se abran los terminales de



los transformadores de corriente. Tendrá cubierta a prueba de polvo y se montarán a ras del panel. Deberá poseer terminales que permitan efectuar pruebas sin necesidad de desconexión e indicadores externos de operación. Deberá ser fabricado y probado de acuerdo con la norma IEC 255.

R El relé será para conectar a los transformadores de instrumentación con las características indicadas. Deberá tener los contactos suficientes para llevar las señales de alarma y disparo requeridas para efectuar la apertura y/o el bloqueo de los interruptores asociados y la señalización; estos contactos deben estar cableados a borneras.

Las características eléctricas generales deberán ser las siguientes:

Frecuencia asignada, Hz	60
Rango de temperatura, °C	-5 + 55
Corriente asignada, A	5
Tensión auxiliar, Vcc	125
Margen de tensión de operación	+10%, - 15%

- **Pararrayos tipo interior para 13,2 kV.** Los pararrayos serán de óxido de zinc (ZnO), para un sistema trifásico de 13,2 kV aterrizado, para montaje interior en celda. Deberán ser suministrados con conectores y accesorios de montaje.

Deberán cumplir mínimo con las siguientes características :

Tensión nominal del sistema (fase-fase)	13,2 kV
Tensión nominal del ciclo de trabajo	10 kV
Tensión máxima continua de operación (MCOV) rms	8,4 kV
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal de descarga con onda 8/20 $\mu$ s	10 kA

- **Cables aislados a 15 kV.** Para la conexión de la línea a la celda de media tensión, el conductor de la acometida primaria en canalización, deberá obedecer a los requerimientos del numeral 1.1.1.9 de éstas especificaciones.

- **Instrumentos eléctricos.** Se deberán suministrar un voltímetro y un amperímetro, con sus respectivos selectores.

Todos los instrumentos eléctricos deberán ser empotrados en la puerta del cubículo de medida de la celda, con conexiones posteriores, tipo tablero, de lectura directa, y de una buena calidad y apariencia general.

Las escalas de los instrumentos y medidores deberán tener carátulas blancas con marcas y agujas o manecillas negras. Todos los instrumentos deberán ser cuadrados 96 x 96 mm y con escala de 90 grados.

La precisión de todos los instrumentos deberá ser del uno y medio (1,5%) por ciento de la deflexión de toda la escala. Cada instrumento de señalización deberá tener un elemento para ajuste del cero, tal que la posición de la aguja o manecilla pueda ser ajustada sin remover la cubierta.

El voltímetro deberán ser adecuado para conexión a transformadores de potencial con voltaje en el secundario de 120 Voltios línea a línea y el amperímetros a transformadores de corriente con corriente nominal secundaria de 5 Amperios.

El selector del voltímetro y el del amperímetro deberán ser de tres (3) posiciones, con las disposiciones de levas necesarias y con los contactos suficientes, para lecturas de voltaje fase a fase y corrientes de línea respectivamente.

- **Pruebas.** Los equipos de medida y protección, deberán ser probados en fábrica de acuerdo con las pruebas de rutina establecidas por las normas. Los protocolos de las pruebas de los transformadores de potencial y corriente y de los contadores, deberán ser enviados a La Sociedad Concesionaria. Junto con los contadores, se deben enviar a La Sociedad Concesionaria dos copias de los protocolos de pruebas de los mismos y de los transformadores de medida. El tablero eléctrico de media tensión, deberá ser completamente ensamblado y ajustado en la fábrica y deberá ser sometido a las pruebas de rutina del fabricante en fábrica, así como las indicadas por el representante de La Sociedad Concesionaria. Las pruebas en fábrica del equipo y los métodos de pruebas utilizados deberán ajustarse a los requerimientos aplicables de las normas ANSI, IEEE, NEMA e ICONTEC.

## 1.1.2 Especificaciones de montaje

### 1.1.2.1 Descripción de las obras

- **Generalidades.** Las líneas de distribución que serán construidas estarán localizadas en el área del proyecto de la conexión vial Aburrá - Oriente.

La línea a 13,2 kV comprendida entre la subestación Miraflores de EEPPM y el portal occidental del túnel de la conexión vial, servirá para transmitir la energía desde dicha subestación, hasta una subestación ubicada en el portal occidental. Esta línea tiene una longitud aproximada de 3,5 km. La construcción de la línea de suministro de energía a las casetas de peaje, hace parte de la construcción de ésta línea.

La línea a 13,2 kV comprendida entre la subestación Córdoba de EEPPM y el portal oriental del túnel de la conexión vial, servirá para transmitir la energía desde dicha subestación, hasta una subestación ubicada en el portal oriental. Esta línea tiene una longitud aproximada de 4.8 km. Esta línea será canalizada en 700 m, para realizar el paso en el cruce de la pista del aeropuerto José María Córdoba. Esta canalización es realizada por ductos existentes, propiedad de Empresas Públicas de Medellín.

En los planos No. AO-F1-DB-EE-021 y 021A y desde el plano No. AO-F1-DB-EE-022 hasta el AO-F1-DB-EE-030 se puede apreciar una localización de las líneas de suministro de energía al portal occidental y oriental, respectivamente.

Las estructuras para circuito sencillo, tendrán las siguientes configuraciones: configuración tipo "V" en un sólo poste, tipo "H" y tipo trillizo, con postes de concreto, crucetas en perfilados metálicos y con un sólo cable de guarda. Dichas estructuras deberán ser venteadas donde así se requiera.

El conductor utilizado para ambas líneas será tipo ACSR calibre 4/0, PENGUIN y el cable de guarda será ACSR No. 4 AWG, código SWAN.

- **Trabajo a realizar por El Contratista.** En términos generales, los trabajos a realizar por el Contratista, para las líneas anteriormente descritas, serán los siguientes:

- Suministro de postes de concreto, incluyendo fabricación, pruebas, embalaje y transporte hasta el sitio de las obras.
- Suministro de conductores, cable de guarda, aisladores, vientos, herrajes y accesorios, incluyendo fabricación, pruebas, embalaje y transporte hasta el sitio de las obras.
- Construcción y montaje de las líneas, incluyendo:

Replanteo de las líneas que comprende: localización y materialización del centro de cada estructura, verificación de vanos y desniveles entre estructuras, puntos críticos y contrapendientes.

Limpieza y poda de la faja de servidumbre.

Clasificación y distribución a lo largo de las líneas de todos los materiales y elementos necesarios para su construcción y montaje.

Ejecución de excavaciones.

Hincada y aplomada de postes.

Instalación de cadenas de aisladores, herrajes para cable de guarda, vientos y los demás herrajes y accesorios.

Tendido, tensionado, regulación y engrapado de conductores y cable de guarda

Conexión a las subestaciones, incluyendo : construcción de cajas de inspección e instalación de ductos de canalización. Además de montaje de celdas y equipos de protección y medida, en las subestaciones mencionadas.

Todas las demás obras adicionales o complementarias que se indiquen en el pliego, o en los planos, o que ordene La Sociedad Concesionaria.

**1.1.2.2 Responsabilidad del Contratista.** En general el Contratista será totalmente responsable por la total y correcta ejecución del trabajo de acuerdo con lo indicado en los planos, en las especificaciones o por La Sociedad Concesionaria.

El Contratista será responsable además, por el total y correcto suministro de materiales y elementos a él requeridos para el montaje y construcción de las líneas, por la instalación de sus campamentos, construcción de caminos de acceso a la línea, suministro de transporte para su personal y materiales, etc.

El Contratista será el único responsable por el suministro, transporte, protección y cuidado de todos los elementos requeridos para el montaje de las líneas, y por lo tanto será también responsable por el buen mantenimiento y vigilancia de la construcción, depósito y almacenes.

El Contratista será responsable ante terceros por todos los perjuicios que se causen a personas o bienes por culpa, negligencia y descuido suyo o de las personas que tenga bajo su dependencia en el desarrollo de las obras. El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para garantizar la seguridad en el trabajo a todo el personal empleado, y la vida y bienes de terceros. El Contratista pagará las indemnizaciones a que haya lugar y asumirá la defensa de La Sociedad Concesionaria en todos los casos en que por parte de terceros se originen litigios o reclamaciones contra dicha entidad por culpa de el Contratista o por razón de sus actividades y por las cuales no sean responsable La Sociedad Concesionaria.

**1.1.2.3 Equipos de construcción y montaje.** Será de la directa responsabilidad de el Contratista proveerse de todos los equipos y herramientas necesarios para la correcta ejecución de la construcción y montaje de las líneas.

La Sociedad Concesionaria podrá hacer retirar del trabajo cualquier equipo o herramienta que a su juicio esté defectuoso o no recomendable para ser utilizado, y el Contratista repondrá a la mayor brevedad y por su cuenta el equipo que haya sido retirado y que sea necesario para la correcta ejecución de los trabajos, de modo que ninguna actividad sufra retraso.

**1.1.2.4 Suministro de materiales.** El Contratista suministrará todos los materiales requeridos para la construcción de cada una de las líneas enunciadas y aquellos que a juicio de La Sociedad Concesionaria o su representante se requieran.

Se suministrarán por parte de el Contratista postes de concreto, conductores y cables de guarda ACSR, aisladores tipo suspensión y tipo (pin) herrajes para las cadenas de aisladores, amortiguadores de vibración, camisas de reparación, grapas de dos canales para conductor, empalmes, grapas de suspensión y

*perno, clavijo*  
*o sujetado con perno*



retención, terminales y varillas de blindaje para conductor y cable de guarda, elementos para puesta a tierra, materiales para los vientos de las estructuras, cable aislado a 15 kV, tubería de PVC tipo DB para canalizaciones, y todos aquellos que se requieran para el perfecto funcionamiento de las líneas.

Todos los materiales suministrados deberán cumplir con lo especificado en el documento de especificaciones técnicas para suministro de materiales. El Contratista será responsable de la calidad de todos los materiales suministrados por él, a entera satisfacción de La Sociedad Concesionaria.

Los materiales suministrados deberán ser probados en fábrica. El costo de las pruebas será a cargo de el Contratista, quien deberá suministrar los protocolos correspondientes para aprobación de La Sociedad Concesionaria; ésta, cuando lo estime conveniente, supervisará la fabricación de los materiales y asistirá a la ejecución de las pruebas.

Las cantidades de suministro presentadas en el Formulario de la Propuesta incluyen las cantidades estimadas de materiales que serán montados en las líneas.

Las cantidades de montaje incluidas en el Formulario de la Propuesta son estimadas y por tanto, podrán variar de acuerdo con las exigencias de las obras, dentro del alcance establecido para las mismas.

Los materiales sobrantes quedarán de propiedad de el Contratista. La Sociedad Concesionaria no hará reconocimiento alguno por ellos.

Si por causas imputables a el Contratista se dañan o se extravían elementos, el Contratista deberá reponerlos por otros de igual calidad y por su propia cuenta.

Todo el material que será utilizado en la construcción de las líneas deberá ser guardado, manipulado, cargado, transportado y montado con el máximo cuidado para evitar daños, pérdidas o roturas.

Durante los procesos de cargue y descargue debe tenerse especial cuidado con los carretes, los cuales no deberán dejarse caer, ni se permitirá que rueden sobre rampas al suelo. No se permitirá pasar cable de un carrete a otro sin la autorización de La Sociedad Concesionaria.

**1.1.2.5 Servidumbres.** Con anterioridad a la iniciación de los trabajos y durante su desarrollo, La Sociedad Concesionaria adquirirá los permisos



necesarios a lo largo de la línea para facilitar su construcción y para limpiar la faja que sea absolutamente necesaria para el montaje y mantenimiento de las líneas según se especifica más adelante. Sin embargo, el Contratista no podrá causar ningún perjuicio a las propiedades o bienes de terceros, y será responsable por cualquier daño que cause por motivo de los trabajos ejecutados por él.

El Contratista deberá tramitar con los diferentes propietarios los permisos para transitar y adecuar los accesos necesarios para la construcción de las líneas, fuera de las servidumbres de la propia línea que serán tramitadas por La Sociedad Concesionaria.

Será de la responsabilidad de el Contratista durante todo el tiempo que duren los trabajos, el mantenimiento del buen estado de las cercas y alambrados que debe cruzar y la colocación de puertas y broches necesarios para ejecutar sus trabajos.

Si por descuido, negligencia o comportamiento equivocado del Contratista se presentan problemas con los propietarios que determinen la paralización de los trabajos, éstos serán responsabilidad de el Contratista y no podrá exigir o alegar ampliación del plazo, pago o indemnización de ninguna clase por los perjuicios que pueda recibir.

#### 1.1.2.6 Obras provisionales y vías de acceso

- **General.** En general, el Contratista deberá ejecutar los siguientes trabajos:
  - Mantener las carreteras de acceso que considere necesarias o convenientes y con aprobación de La Sociedad Concesionaria, para la ejecución de su trabajo, para la movilización de equipos, materiales y personal. Los costos que ocasionen estas obras son por cuenta de el Contratista.
  - Planear, construir, mantener y vigilar, por su cuenta, los depósitos e instalaciones que se requieran para el almacenamiento de materiales y equipos, talleres, campamentos, etc., de carácter temporal o permanente.
  - Suministrar y atender por su cuenta, los servicios, obras e instalaciones que se requieran para su uso, seguridad del público y las propiedades.
  - Remover a la terminación de las obras, por su cuenta, todos los campamentos, instalaciones, barreras y demás obras provisionales que haya hecho durante la ejecución de los trabajos, dejando y restaurando las

propiedades, caminos, cercas, etc., en las mismas condiciones iniciales, o en las condiciones que haya acordado con los propietarios y siempre con la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

- **Carreteras, caminos de acceso y cercas.** Actualmente existen en algunas zonas de la obra carreteras y caminos que facilitan el transporte y montaje. El Contratista deberá construir por su propia cuenta todos aquellos caminos de acceso a las obras, como también mejorar y mantener los existentes cuando ello se requiera.

El Contratista deberá localizar los caminos de acceso, tratando de causar el mínimo posible de daños y perjuicios.

Los permisos de construir y transitar por propiedades y caminos particulares, por donde no pasan las líneas, serán tramitados o conseguidos por cuenta de el Contratista. Todos los daños que se causen a las propiedades y las indemnizaciones que sea necesario pagar por causa de la construcción de los caminos o por el tráfico de equipos y personal serán por cuenta de el Contratista.

Cuando el acceso cruce una cerca se deberá construir un broche o puerta provisional que preste el servicio durante la construcción. Al finalizar la obra debe restituirse la cerca. El Contratista deberá encargarse de obtener los permisos necesarios para la construcción de las puertas o broches que requiera.

En el caso de vallas o de cualquier otro cercamiento, se deberá dar el mismo tratamiento establecido en los puntos anteriores.

Cuando se utilicen como accesos vías públicas o privadas, el Contratista será responsable de su mantenimiento hasta la entrega de las obras y son a su cargo las adaptaciones, reconstrucciones o mejoras que se requieran para el buen uso de las vías.

El valor de la construcción de los accesos, con todas sus obras adicionales, mantenimiento y consecuentes daños innecesarios serán por cuenta de el Contratista, por lo cual se deberán tomar las previsiones necesarias para evitar daños a los bienes, molestias o trastornos en las labores que los propietarios o usuarios adelanten en la zona de los trabajos, e impedir que los trabajadores a su servicio asuman actitudes o ejecuten actos que de algún modo perjudiquen los intereses de los propietarios.



La Sociedad Concesionaria no hará a el Contratista ningún reconocimiento económico o de plazo, por omisión o incumplimiento de lo anteriormente establecido o por el manejo de las relaciones con los propietarios o responsables de los predios comprometidos.

A menos que se hubieren efectuado otros acuerdos, el Contratista deberá retirar todas las obras provisionales a la terminación de los trabajos y dejar los sitios en estado razonable de limpieza y de orden. El Contratista será responsable de la desocupación de todas las zonas que le fueron facilitadas para las obras provisionales o permanentes. El recibo definitivo de las obras no será hecho sino después de llenar esa formalidad.

- **Depósito de Materiales, Campamentos.** La localización, construcción, capacidad, manejo, mantenimiento y vigilancia de los campamentos y depósitos será de la iniciativa, responsabilidad y costo de el Contratista, pero se someterá a la aprobación de La Sociedad Concesionaria con la suficiente anterioridad.

El Contratista, de acuerdo con el programa de trabajo definitivo deberá someter a aprobación de La Sociedad Concesionaria la localización de las instalaciones provisionales que proyecta construir. La Sociedad Concesionaria supervisará su ejecución y si es del caso hará los cambios que considere pertinentes y no permitirá la construcción de tales instalaciones en zonas distintas de las aprobadas o fuera de las localizaciones acordadas.

El Contratista preferiblemente deberá emplear los terrenos de propiedad de La Sociedad Concesionaria, previamente aprobados, o podrá emplear terrenos de propiedad privada, siendo de su cuenta las negociaciones de arrendamiento, permisos, indemnizaciones y otros gastos o condiciones que de ello se deriven.

La Sociedad Concesionaria no asume ninguna responsabilidad por daños, robos, incendios, perjuicios o interferencias en los campamentos y depósitos de el Contratista que puedan resultar por cualquier causa propia o ajena a el Contratista. El Contratista deberá tomar todas las medidas requeridas para ejercer la vigilancia y cuidado de los depósitos y almacenes.

El Contratista deberá clasificar en sus depósitos y bodegas todos los materiales, de acuerdo a tipos, calidades y especificaciones.

La operación de almacenamiento por parte de el Contratista deberá tener una organización tal que permita a La Sociedad Concesionaria revisar las condiciones de los postes de concreto, conductor, cable de guarda, aisladores, herrajes y en general todo el material que sea utilizado para el montaje de las líneas. Los aisladores, conductores, cables de guarda, herrajes, accesorios y demás materiales para la construcción de las líneas deberán manejarse con el cuidado necesario para evitar su deterioro, rotura, rayado, etc.

- **Medida y Pago.** Los gastos que el Contratista deba hacer por la ejecución de accesos, puertas, broches y cercas deberán estar incluidos en los diferentes ítemes de pago.

Los gastos por concepto de construcción y mantenimiento de campamentos y depósitos de materiales, y la movilización de sus equipos, son por cuenta y riesgo de el Contratista y se considerarán como gastos de administración. La Sociedad Concesionaria no hará pago alguno por estos conceptos.

**1.1.2.7 Distancias de seguridad.** Durante todo el transcurso de la obra, y especialmente en el replanteo, el Contratista deberá tener presente que en el diseño (plantillado) de la línea fueron tenidas en cuenta las siguientes distancias mínimas de los conductores a tierra o a otros objetos, y que es de su responsabilidad alertar a La Sociedad Concesionaria cuando encuentre que alguna de estas distancias no está siendo cumplida:

- Terrenos inaccesibles a vehículos 6,00 m
- Terrenos normales, accesibles a vehículos, o maquinarias 6,50 m
- Carreteras, calles, caminos 7,00 m
- Edificaciones, paredes, balcones, casas 3,50 m
- Líneas de distribución eléctrica 3,50 m

#### 1.1.2.8 Limpieza de fajas de servidumbre

- **Limpieza de servidumbres.** Para la limpieza de la faja de servidumbre se debe tener en cuenta que se talará o podará sólo la vegetación que presente acercamientos cuando la línea esté energizada o presente riesgos por su altura y localización, y la que interfiera estrictamente para las labores de construcción y montaje.



La limpieza de las fajas de servidumbre que recorren las líneas se hará siempre de común acuerdo con La Sociedad Concesionaria, en forma que se causen los mínimos perjuicios posibles. El Contratista no podrá disponer de la madera proveniente de la limpieza de servidumbres sin autorización escrita de La Sociedad Concesionaria.

Dado que para este tipo de actividades forestales se requiere la intervención de la autoridad competente, el Contratista deberá hacer todos los trámites con las entidades correspondientes y acatará todas las observaciones y sugerencias que emitan los funcionarios designados para el efecto por dichas entidades.

La tala de árboles donde sea autorizado por La Sociedad Concesionaria, se hará con las siguientes dimensiones:

Para la línea de suministro de energía al portal occidental, una faja de 8 metros, 4 metros a lado y lado del eje de la línea.

Para la línea de suministro de energía al portal oriental, una faja de 5 metros, 2.5 metros a lado y lado del eje de la línea.

Esta faja es suficiente para las labores de tendido y tensionado de los conductores y cables de guarda.

Fuera de la faja indicada los árboles serán podados, cuando en sus diferentes posiciones de oscilación por causa del viento, puedan quedar a distancias menores de dos (2) metros o que ofrezcan peligro de daños a la línea con su caída, aunque estén fuera de la faja indicada.

Todos los árboles, guadas, arbustos, matorrales, etc., que hubiese sido necesario podar o talar, serán apilados en zonas aprobadas por La Sociedad Concesionaria. Las pilas serán hechas en forma y localización tales que no ofrezcan peligro de incendio.

Cuando las servidumbres atraviesen zonas de cultivo, la limpieza de las fajas será limitada exclusivamente a los sitios de los apoyos y en donde de acuerdo con La Sociedad Concesionaria se requiera la limpieza para las labores de construcción y montaje.

Los arbustos o cultivos que por su naturaleza sirvan de vallas naturales y deban ser eliminados, se remplazarán con cercas de alambre de púas por cuenta de el Contratista.

El Contratista ejecutará la limpieza de la zona mencionada anteriormente, quedando a su cargo el mantenimiento durante la duración del contrato y podrá utilizarlo para el paso del personal, de los equipos y de los materiales necesarios para la ejecución de la obra, siendo por su cuenta y cargo todos los perjuicios que se ocasionen.

En todo caso, el Contratista deberá tomar las precauciones requeridas para garantizar la seguridad pública y cualquier reparación o daño derivado de estas labores será de su entera responsabilidad. Los daños que se causen a cunetas, desagües, acequias, alcantarillas, carreteras, caminos o cualquier otro bien de servicio público o privado deberán ser reparados por cuenta de el Contratista, antes de la entrega de las obras.

- **Respeto a la propiedad privada.** El Contratista deberá respetar y hacer respetar de sus subordinados los fueros consagrados por las leyes a la propiedad privada. El movimiento de personal, de trabajadores y del equipo se deberá limitar a la zona de despeje y a la de las vías de acceso aprobadas.

El Contratista será directamente responsable ante los propietarios y La Sociedad Concesionaria, por los daños que se causen a las tierras, árboles, cultivos, cercas, semovientes y en general, a los bienes de cualquier orden y deberá pagar o reparar tales daños por su cuenta y a entera satisfacción de quien los hubiere sufrido. En caso de rehusar este pago, La Sociedad Concesionaria lo hará en la oportunidad que lo juzgue conveniente y deducirá su valor del acta mensual de pago, o de la liquidación final de la obra.

El Contratista será el único responsable por las consecuencias que puedan derivarse del incumplimiento de las normas especificadas y no podrá reclamar compensación alguna en dinero, ni ampliación del plazo contractual, por las suspensiones que puedan sufrir los trabajos por este motivo.

No habrá lugar a extensión del plazo de entrega de las obras por suspensiones de los trabajos debidas a la omisión de el Contratista de alguna o algunas de las previsiones y normas contempladas en las especificaciones y en el contrato para el despeje y uso de las zonas de servidumbre o al descuido de el Contratista en cumplir con las obligaciones que le corresponden de acuerdo



con este numeral, ni por el menor rendimiento en los trabajos debido al paso de la línea de transmisión por zonas de cultivos en las cuales no se hará limpieza total de la zona de servidumbre.

- **Medida y Pago.** El pago de todas las operaciones de limpieza de las fajas, se hará por hectárea efectivamente despejada a lo largo de la línea y en la zona que lo requiera, pagadera en longitud, por la proyección horizontal, de acuerdo con lo descrito; esta zona cubre la tala y poda de árboles, aún fuera de la zona de servidumbre de los árboles que por su tamaño pueden ofrecer peligro para las líneas; además de los sitios de apoyo. Este precio unitario incluye todos los costos y gastos que pueda tener el Contratista para la realización del trabajo tales como mano de obra, equipos, herramientas, cicatrizante, medidas de protección y el mantenimiento de la zona despejada hasta la entrega de la línea.

**1.1.2.1 Líneas eléctricas, telefónicas y de telégrafos.** El Contratista deberá ejecutar todas las protecciones e instalaciones requeridas para el tendido de los conductores sobre líneas eléctricas, telefónicas y de telégrafos que se presenten en el recorrido de las líneas, aún cuando la totalidad de éstas no figuren en los planos de perfil y planta suministrados por La Sociedad Concesionaria. Es por lo tanto responsabilidad de el Contratista determinar la cantidad de estos obstáculos y tenerlos en cuenta al presentar su propuesta.

Cuando sea necesario interrumpir el servicio de líneas eléctricas primarias para cruzar sobre ellas, el Contratista deberá gestionar ante las empresas dueñas de dichas redes, los permisos para suspensión de servicio, presentando con suficiente anticipación para su aprobación y fijación de la fecha en que se realizarán dichas suspensiones.

El Contratista deberá ejecutar por su cuenta todas las instalaciones y protecciones requeridas concernientes con la interferencia (en las vías, ferrocarriles, líneas eléctricas, telegráficas o telefónicas existentes) causada por su trabajo, en forma satisfactoria para los propietarios, para las entidades interesadas y para La Sociedad Concesionaria.

Los costos del suministro y el mantenimiento de vigilantes, barreras, estructuras o partes temporales, andamios, etc., o los trabajos necesarios para reponer, restablecer o hacer trabajos similares, deberán ser incluidos por el Contratista en los costos del ítem, instalación de conductores y cables de guarda.

### 1.1.2.2 Replanteo de la línea

- **Replanteo.** La Sociedad Concesionaria suministrará a el Contratista los planos de perfil y planta de la línea con la localización de los apoyos, con cuadros de información técnica que le corresponde a cada estructura.

Entre las labores de replanteo se debe incluir la localización definitiva y materialización en el terreno del centro de cada estructura, la verificación de si el sitio es adecuado para la estructura, la verificación del desnivel entre las estructuras y los puntos críticos, verificación de los vanos entre las diferentes estructuras, determinación de contrapendientes para detectar posibles acercamientos eléctricos.

Debe resaltarse el cuidado con estas verificaciones, pues si por una falla en las mismas se mantiene un acercamiento de la línea a tierra, los correspondientes cortes u otras medidas para solucionarlo correrán por cuenta de el Contratista.

El Contratista será responsable de que la línea y los niveles estén de acuerdo con lo indicado en los planos, debiendo informar a La Sociedad Concesionaria con un plazo razonable, de cualquier inexactitud o irregularidad que se encuentre en su replanteo.

La posición de las estructuras de la línea de suministro de energía al portal occidental, mostrada en los planos, fue realizada en base a restituciones topográficas de la zona en escalas 1:500, 1:2000, y 1:10 000, y por lo tanto es aproximada. La posición final deberá ser ajustada como parte de las labores de replanteo.

- **Medida y Pago.** El replanteo, incluidas todas las actividades especificadas para el mismo, será pagado por kilómetro horizontal de línea replanteada, según el precio unitario establecido en la propuesta.

### 1.1.2.3 Montaje de postes de concreto

- **Montaje.** El Contratista deberá realizar las excavaciones, suministrar los equipos y materiales necesarios para la hoyada y aplomada de los postes de concreto que conforman las distintas estructuras. El Contratista será responsable por el alineamiento, distancia, y verticalidad de las estructuras y deberá corregir cualquier error por su propia cuenta y costo.

- **Medida y Pago.** La medida y pago por la hincada y aplomada de las estructuras en postes de concreto, se hará por unidad de poste hincado y aplomado, como parte de el ítem de pago de montaje de postes de concreto.

#### **1.1.2.4 Vientos**

- **Instalación.** Se ha previsto que algunas estructuras requieren de la instalación de vientos. El Contratista será responsable por el diseño de los alineamientos, ángulos, y tensiones requeridos para los vientos. Se deberán utilizar materiales normalizados por las empresas del sector eléctrico para el diseño de los vientos.
- **Medida y Pago.** El pago por la instalación de los vientos para las estructuras se hará como parte de el ítem de pago de vestida de las estructuras.

#### **1.1.2.5 Vestida de estructuras**

- **Montaje.** Los trabajos para la ejecución de este ítem comprenden la mano de obra, dirección, equipo, transporte, etc., necesarios para hacer el montaje completo de las vestidas de las estructuras.

En los planos de "perfil y planta" de las líneas y planos de localización de apoyos, se indican los tipos de estructuras que se montarán en los sitios asignados. El Contratista deberá tener especial atención al transportar las estructuras a los sitios indicados, poniendo cuidado en seleccionar correctamente el tipo de estructura indicado y las diferentes cantidades y dimensiones de pernos; igual cuidado deberá tenerse en el montaje y en ningún caso se permitirá instalar un miembro o un perno que no corresponda exactamente, para adelantar trabajo, y hacer el cambio posteriormente.

Cada una de las estructuras deberá ser numerada sobre uno de los postes que la conforman, de acuerdo a la numeración indicada en los planos de planta - perfil y localización de apoyos. Esta identificación deberá ser realizada con pintura resistente a la intemperie.

- **Medida y Pago.** La medida para el pago por el montaje de los diferentes tipos de vestidas de estructuras, se hará por unidad de estructura totalmente vestida y venteada donde así se requiera, y con base en los precios unitarios establecidos en la propuesta para éste ítem.

### **1.1.2.6 Instalación de los conductores y cables de guarda**

- **Tendido.** Antes del tendido de los cables, el Contratista deberá presentar a La Sociedad Concesionaria un plan de distribución de los carretes y de posición de empalmes a lo largo de las líneas, teniendo en cuenta las longitudes de los conductores en las mismas.

En las bobinas deberá instalarse un freno adecuado, para regular la velocidad de salida del conductor.

El tendido de los conductores deberá ser efectuado con ayuda de un cable piloto anti-torsión, previamente extendido.

Durante la operación de desenrollado, los conductores serán verificados visualmente a la salida de las bobinas dispuestas en los caballetes portadores. Cuando se constaten rotura o daños en los hilos de aluminio, los mismos deberán ser corregidos por medio de manguitos de reparación, si los daños alcanzan hasta tres hilos, o por medio de manguitos de empalme, si alcanzan más de tres hilos de aluminio. En estos casos los costos de suministro de los manguitos y de la instalación, correrán por cuenta de el Contratista.

El tendido de los conductores podrá ser efectuado por los métodos convencionales, pero se prefiere el tendido bajo tensión controlada y uniforme por medio de equipos especiales, siendo hecho el control de tensión independientemente de la velocidad de tendido.

En el caso de cualquier avería en los conductores, el Contratista deberá comunicar a La Sociedad Concesionaria, la cual resolverá si la sección dañada deberá ser cortada o reparada, en cualquier caso sin costos para La Sociedad Concesionaria.

Los conductores, cuando sean tendidos por el método convencional sin tensión controlada, no deberán ser arrastrados sobre terreno pedregoso, pavimento, contra árboles u otros obstáculos del suelo, con el fin de evitar averías o desgaste del aluminio.

En los cruces con carreteras, líneas de ferrocarril u otras líneas de transmisión o telegráficas, deberán ser tomadas las precauciones para evitar que los



conductores sean dañados o causen daños a las otras líneas o accidentes a personas o al tránsito.

- **Empalmado.** Después de las operaciones de tendido de los conductores el Contratista deberá proceder al empalme de los mismos en el tramo respectivo. el Contratista deberá notificar a La Sociedad Concesionaria, con antelación suficiente, las fechas y lugares de la ejecución de empalmes, con el objetivo de garantizar la supervisión.

No serán permitidos empalmes en los vanos que crucen vías principales de tráfico, cursos de agua importantes u otras líneas de transmisión, ni en los vanos adyacentes.

- **Tensionado.** Una vez efectuada la operación de empalme de los conductores en el tramo tendido, se procederá al tensionado de los mismos. La longitud del conductor a ser tensionado en una sola operación, será determinada por el Contratista que se obligará a presentar como resultado de su trabajo un servicio satisfactorio a juicio de La Sociedad Concesionaria.

R/ Antes de iniciarse las labores de tensionado, el conductor deberá ser pretensionado durante un período de por lo menos una hora, con una tensión mínima del 25% de su carga de ruptura.

El Contratista preparará una tabla de flechas y tensiones para todos los vanos de la línea, para varias temperaturas, incluyendo los datos para el engrapado por el método de "Clipping offset". Para los tramos de línea en zonas de terreno plano, como ocurre en la línea de suministro de energía al portal oriental, no se requiere un método riguroso de tensionado.

El Contratista utilizará un instrumento óptico para la medida de las flechas en los vanos de control. Los vanos de control, representativos del trecho en el cual se realiza la operación de tensado, serán seleccionados por el Contratista, con aprobación de La Sociedad Concesionaria.

Concluido el tensado de los conductores en un tramo entre anclajes, el Contratista deberá proceder al engrapado de los mismos.

- **Engrapado.** El Contratista deberá utilizar dispositivos adecuados de transferencia y sustentación provisionales, que anteceden a la transferencia de los cables de las poleas para las grapas, con área de apoyo y dimensiones suficientes, capaces de ofrecer protección adecuada a los cables, contra deformaciones permanentes.



*Jumper cables: puente*

Las conexiones en puente ("jumper") de las estructuras de anclaje, serán de longitud adecuada, de modo que sean respetadas las distancias eléctricas, bajo las condiciones normales de carga, como se muestra en los diseños de las estructuras. Estas conexiones sólo deberán cerrarse cuando la línea esté completamente terminada.

- **Instalación de amortiguadores.** El Contratista deberá instalar sobre los conductores y cable de guarda amortiguadores tipo "Stockbridge" en puntos adyacentes a las estructuras, conforme lo indicado en los diseños y en los planos de construcción aprobados. Esto es sólo aplicable para la línea de suministro de energía al portal occidental. Los amortiguadores deberán ser colocados directamente sobre el conductor y no sobre las varillas preformadas.

- **Medida y Pago.** La medida para el pago de los trabajos de la instalación completa de conductores y cable de guarda de las diferentes líneas será hecha por kilómetro de proyección horizontal de los mismos y sobre el eje central del trazado de las líneas.

El pago será hecho por el número de kilómetros de línea debidamente terminados y según el precio unitario por kilómetro establecido en la propuesta. Dicho precio deberá incluir todos los costos de transporte, tendido y regulación, instalación de amortiguadores de vibración, materiales, señalización y vigilancia para los cruces sobre vías, líneas de transmisión, distribución y comunicaciones, y todos los demás trabajos necesarios para hacer una instalación completa y de acuerdo con las especificaciones descritas anteriormente.

#### 1.1.2.7 Instalación de los conductores aislados a 15 kV., en la línea de suministro de energía al portal oriental

- **General.** Como parte de los trabajos de instalación de la línea a 13,2 kV que suministra energía al portal oriental, se deberán instalar 2100 m de cable aislado a 15 kV, en una ductería existente. Este cable es de calibre 4/0 AWG, con aislamiento en polietileno de enlaces cruzados (XLPE).

Esta canalización inicia desde la parte occidental de la pista del aeropuerto José María Córdoba, en el punto donde se encuentra una estructura que



canaliza la línea existente a 110 kV Miraflores - Córdoba, hasta el costado oriental de la pista donde la línea nuevamente aflora, y esta ubicado un pórtico.

- **Instalación.** Las bobinas de los cables, deberán ser transportadas y almacenadas de forma que su eje de rotación quede en la posición horizontal. Durante el transporte, no podrán ser fijadas con clavos, puntillas, etc.; para no dañar el cable.

Durante la operación de desenrollado, los conductores serán verificados visualmente a la salida de las bobinas dispuestas en los caballetes portadores. Cuando se constaten rotura o daños en el aislamiento, el conductor será rechazado. No se permitirán empalmes.

El tendido de los conductores podrá ser efectuado por los métodos convencionales, pero se prefiere el tendido bajo tensión controlada y uniforme por medio de equipos especiales, siendo hecho el control de tensión independientemente de la velocidad de tendido.

El Contratista deberá coordinar con la Aerocivil y con Empresas Públicas de Medellín, la ejecución de estos trabajos.

- **Medida y pago.** La medida para el pago de los trabajos de la instalación completa de conductores, será hecha por metro de circuito trifásico instalado, según el precio unitario establecido en la propuesta. Dicho precio deberá incluir todos los costos de transporte, instalación, instalación de conos de alivio, conexión a los postes terminales y todos los demás trabajos necesarios para hacer una instalación completa y de acuerdo con las especificaciones descritas anteriormente.

#### 1.1.2.8 Construcción de cajas de unión y instalación de canalizaciones

- **Instalación.** El Contratista deberá construir las cajas de unión para las canalizaciones de las líneas a 13,2 kV, de acuerdo con las recomendaciones de la norma RS3-002 de Empresas públicas de Medellín.

Deberá además, instalar un tubo PVC tipo DB-60, para canalizar los cables aislados a 15 kV. La instalación de ésta tubería deberá obedecer a las recomendaciones de las normas de construcción de redes subterráneas para distribución de energía, de las Empresas Públicas de Medellín.



- **Medida y pago.** La medida para el pago de los trabajos de construcción de cajas de unión e instalación de canalizaciones, será hecha por un precio global. Dicho precio deberá incluir todos los costos de transporte, materiales, construcción e instalación de acuerdo con las especificaciones descritas anteriormente. Dicho precio global cubre la construcción de una caja de unión, según la norma indicada y un tubo de  $\phi 4"$  de diámetro, hasta una cámara o cárcamo existente.

#### 1.1.2.9 Conexión a las subestaciones Miraflores y Córdoba

- **Alcance.** Como parte de los trabajos de montaje de las líneas a 13,2 Kv, está prevista la conexión de uno de los circuitos a la subestación Córdoba y el otro a la subestación Miraflores. Ambas subestaciones de Empresas Públicas de Medellín.

Cada una de estas conexiones esta prevista ser realizada a una celda de media tensión en cada una de las subestaciones. La conexión se efectuará desde la estructura terminal de la línea hasta la celda en la sala de tableros de la subestación, por medio de cables aislados instalados a través de ductos, hasta el cárcamo en la sala de tableros de la subestación. Se ha considerado inicialmente la instalación de celdas nuevas, en cada una de las cuales se deberá instalar equipos de maniobra, protección y medida.

- **Montaje e instalación.** El Contratista será responsable de la dirección, ejecución, supervisión y control del montaje, en el sitio de las obras y de todos los componentes de los equipos. El Contratista deberá coordinar con el suministrador de la energía los detalles de conexión, los trabajos en el interior de la subestación, la desenergización de circuitos, etc.

El montaje deberá efectuarse siguiendo las "Instrucciones de Montaje" previamente preparadas por el Contratista y aprobadas por empresa suministradora del servicio.

En la instalación de los cables y los tableros debe ponerse especial cuidado en ajustar las conexiones de los cables, los terminales, las barras y las borneras aplicando los torques recomendados por los fabricantes.

El montaje e instalación de la conexión a la subestación, comprende :

- Construcción de cajas de unión
  - Instalación de ductos desde la caja de unión al lado del poste terminal hasta el cárcamo en la sala de tableros
  - Instalación de una celda de media tensión en la sala de tableros
  - Instalación en la celda de media tensión de : pararrayos, interruptor de potencia, equipo de medida, transformadores de corriente y tensión, equipo de protección, medidores de voltaje y corriente, y todos los elementos especificados en el suministro de materiales, y los requeridos para el adecuado funcionamiento de los equipos de maniobra, medida y protección.
  - Instalación del cable aislado a 15 kV, desde el poste terminal, hasta la celda de media tensión, incluyendo todos los accesorios requeridos.
- **Medida y pago.** El pago de la conexión de la líneas a la subestación correspondiente, se efectuará a un precio global establecido por el Contratista en su propuesta.

Este precio unitario deberá incluir todos los costos de transporte, montaje, instalación, conexión y pruebas de los cables aislados, de la celda de media tensión, de los equipos de maniobra, control, medida y protección. Deberá incluir también los costos de la mano de obra, herramientas, equipos y todo lo necesario para la instalación completa de acuerdo con las normas y especificaciones.

**1.1.2.10 Gestión ambiental.** En el desarrollo de las actividades de montaje de las líneas, el Contratista deberá obedecer los programas del Plan de Manejo Ambiental del proyecto, en sus aspectos aplicables, y atender las exigencias del grupo de supervisión ambiental de La Sociedad Concesionaria.

Estas responsabilidades ambientales de el Contratista se extienden no sólo a los trabajos en la faja de las líneas, sino también a la construcción y operación de sus instalaciones, a la adecuación de los accesos, al transporte de materiales, y en general a todas sus actividades relacionadas con la construcción de las líneas.



### 1.2.2.11 Revisión final

- **Revisión.** Como última parte de los trabajos del montaje de las líneas el Contratista deberá ejecutar una revisión general de todos los trabajos realizados, corrigiendo y arreglando todas las irregularidades, faltas y defectos que puedan encontrarse. Tanto por parte de La Sociedad Concesionaria como por parte de el Contratista se hará una verificación y revisión del buen estado de todos los materiales incorporados a las líneas y el correcto cumplimiento de las exigencias técnicas del montaje antes de las pruebas finales y puesta en servicio de las líneas.

Durante la revisión final todas las distancias de seguridad, serán comprobadas y de encontrar deficiencias se ordenará a el Contratista la ejecución de los correctivos necesarios o de cortes o excavaciones superficiales en el terreno, hasta obtener la distancia especificada. Estos cortes serán hechos por el Contratista y, de comprobarse que la causa no es de su responsabilidad, el pago de los mismos se efectuará por m<sup>3</sup>.

Después de subsanadas y arregladas todas las observaciones y correcciones indicadas por La Sociedad Concesionaria, el Contratista deberá dejar en buen estado los caminos de acceso públicos y privados que utilizó para la construcción de la línea.

El Contratista deberá reconstruir adecuadamente las cercas, vallados, alambrados, etc., que fueron removidos o dañados durante el montaje, en la forma como se acuerde con el propietario de las tierras afectadas por los trabajos y construcción de la línea, o como lo indique La Sociedad Concesionaria. La faja de servidumbre de la línea deberá ser revisada para que dentro de ella no se encuentren árboles ni otros obstáculos que puedan tener acercamientos a los conductores o que con su caída puedan dañarlos. En los sitios alrededor de las estructuras se hará una revisión para verificar su buen estado de estabilidad y conservación, igualmente limpia de vegetación, rastrojo y pastos altos que puedan incendiarse.

Las estructuras deberán ser revisadas en forma general observando que no haya miembros faltantes, averiados o con el galvanizado defectuoso, lo mismo para las tuercas, arandelas, contratuercas y pernos o que éstos no se encuentren flojos o mal apretados.

En el cable de guarda deberá revisarse el estado de los herrajes, galvanización, puentes, varillas de blindaje, conexiones a tierra, flechas, etc.

Se deberá comprobar la igualdad de las flechas del conductor en las diferentes fases del mismo vano, la distancia a tierra correcta en los puntos críticos de acercamiento y verificación de la inexistencia de daños mecánicos en los hilos de conductor.

En los puentes del conductor en los apoyos de amarre, deberá revisarse que las distancias eléctricas se mantengan.

- **Medida y Pago.** Los costos de todos estos trabajos de revisión, transporte y materiales utilizados para reparar o reemplazar el material defectuoso o dañado, deberán ser distribuidos por el Contratista en los diferentes precios unitarios establecidos en la propuesta por el Contratista. Por lo tanto el Contratista no tendrá derecho a reconocimiento económico alguno por parte de La Sociedad Concesionaria por los costos en que por concepto de revisión, transporte, suministro y montaje de materiales incurra.

### **1.1.3 Relocalización de redes**

#### **1.1.3.1 Relocalización**

Por la construcción de las nuevas vías que hacen parte del proyecto y ampliación de algunas existentes, es necesario relocalizar algunas redes aéreas de servicios públicos, tales como líneas a 13,2 kV, 7,62 kV, redes domiciliarias, líneas de teléfonos, redes y postes de alumbrado público; además de realizar la canalización de una línea a 44 kV y una línea a 13,2 kV

El Contratista deberá coordinar con las empresas dueñas de dichas redes los trabajos de relocalización. Deberá retirar y en lo posible reutilizar la mayor cantidad de materiales existentes y reemplazar los que se encuentren defectuosos. Así como suministrar los demás materiales necesarios.

Será responsabilidad de el Contratista, la evaluación de la cantidad de redes a relocalizar, antes de la presentación de su propuesta, en la cual deberá desglosar la cantidad de redes por cada tipo de servicio.



**1.1.3.2 Medida y pago.** El pago de la relocalización de redes, se efectuará al precio global establecido por el Contratista en su propuesta, para cada uno de los ítems establecidos.

## 1.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS

### 1.2.1 Objeto y alcance

En esta sección se establecen los requerimientos técnicos particulares exigidos para el diseño, fabricación, pruebas y ensamble en fábrica, suministro, montaje, y puesta en servicio de los Equipos Eléctricos Principales compuesto por tableros de media y baja tensión, unidades de potencia ininterrumpibles, transformadores de potencia, plantas diesel de emergencia, cables de fuerza y control y bandejas portacables y ductos, requeridos para el proyecto de la Conexión vial Aburra - Oriente. Los Equipos Eléctricos Principales que serán suministrados e instalados por el Contratista deberán ser provistos con todos los componentes y accesorios que se requieran para operar en forma segura y confiable, una vez terminados los trabajos de montaje en el sitio y la puesta en servicio del Túnel.

Esta parte del suministro deberá efectuarse como un todo de acuerdo con el conjunto de requisitos que se establecen en estos Documentos de Contratación y teniendo en cuenta, especialmente, la intención y el alcance fundamental de los mismos. De acuerdo con lo anterior, el Contratista será totalmente responsable por la dirección, coordinación, ejecución, supervisión y control de todos los estudios y diseños de ingeniería necesarios para la construcción de las obras civiles como también todos los estudios y diseños de ingeniería relacionados con los componentes, equipos y sistemas eléctricos y mecánicos requeridos para el desarrollo del Proyecto Conexión Vial Aburra - Oriente. En consecuencia, el Contratista será responsable de efectuar todas las labores de ingeniería conceptual, básica y de detalle que se requieran para definir y optimizar el arreglo, la disposición y la localización de todos los Equipos Eléctricos Principales en el Túnel, en completa armonía con la disposición de las obras civiles. y mecánicas

Así mismo, el Contratista será responsable de prever y suministrar cualquier elemento, dispositivo, componente o accesorio que sea necesario para asegurar que todos y cada uno de los componentes de los Equipos Eléctricos Principales, como también los equipos mismos, en conjunto, puedan operar en forma enteramente satisfactoria y confiable, aún así tales elementos no hayan sido expresamente requeridos o descritos en estas Especificaciones.

El fabricante de los Equipos Eléctricos Principales, deberá participar activamente en este proceso de coordinación e integración de ingeniería para lo cual deberá intercambiar, con el Consultor del Contratista y con los demás fabricantes de equipos, toda la información técnica que sea necesaria para el correcto y normal desarrollo del proyecto y asegurarse de que todos los aspectos relacionados con su suministro sean debidamente considerados e incorporados en los diseños y planos definitivos de las obras y de los demás equipos con los cuales se interrelaciona.

Los términos escritos y utilizados en forma singular deberán igualmente aplicarse a todos los elementos de los sistemas que deban ser suministrados, a menos que se establezca, en forma diferente en estos Documentos de Contratación.

## **1.2.2 Equipos de media tensión**

**1.2.2.1 Objeto y alcance.** En este numeral se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, ensamble y pruebas en fábrica, suministro, montaje en el sitio y puesta en servicio de los tableros de media tensión a 13,2 kV, con interruptores, seccionadores, transformadores corriente y de potencial, fusibles, equipo de control, protección y medida, como sea especificado o requerido.

Las características de los equipos deberán ser seleccionadas de acuerdo con las características de las fuentes de alimentación y las cargas a ser conectadas a cada celda o tablero o elemento.

Los términos escritos y utilizados en forma singular para una sola celda o un tablero deberán igualmente aplicarse a cada una de las demás celdas o tableros, a menos que se establezca, en cada caso en particular, en forma diferente.

Este numeral comprende los siguientes equipos a 13,2 kV:

- Un tablero de distribución a 13,2 kV para el portal de acceso Occidental del Túnel.
- Un tablero de distribución a 13,2 kV para el portal de acceso Oriental del Túnel.
- Seis seccionadores bajo carga con fusibles a 13,2 kV para los Nichos 1, 2 y 3 del Túnel



**1.2.2.2 Características generales.** Los tableros de distribución a 13,2 kV para los portales de acceso Occidental y Oriental del Túnel serán conectados cada uno a un circuito aéreo a 13,2 kV proveniente las subestaciones Miraflores y Córdoba respectivamente, considerados como alimentadores principales. Ambos tableros de distribución a 13,2 kV se interconectarán a través de dos circuitos a 13,2 kV que recorren el Túnel para garantizar un respaldo desde cualquier portal, esto es, la capacidad de los circuitos de alimentación principal, deberá ser la suficiente para garantizar una alimentación al 100% del Túnel desde cualquier portal. En el tablero a 13,2 kV se instalará un sistema automático de transferencia el cual controlará el interruptor del alimentador principal del tablero y los interruptores de los circuitos de interconexión entre portales. Al tablero de distribución a 13,2 kV se conectarán los alimentadores para los transformadores de 1,25 MVA (T1), y de 300 kVA (T4). También se deberá suministrar un seccionador bajo carga a 13,2 kV para el transformador de 300 kVA (T5) que se acoplará eléctricamente a la celda del interruptor de uno de los circuitos de interconexión entre portales. Además el tablero a 13,2 kV deberá tener una celda de reserva equipada con un interruptor, equipo de medida y protecciones, para un transformador de 1,25 MVA (T2) que se instalara en la segunda etapa del proyecto.

Las celdas a 13,2 kV que se localizaran en los tres Nichos de subestación al interior del Túnel, estarán compuestas por seccionadores bajo carga con fusibles. Estas celdas servirán de transición para los dos circuitos de interconexión entre portales y de derivación para los dos transformadores de distribución a 160 kVA (T1 y T2) que se instalaran en cada nicho

El Contratista deberá suministrar e instalar todos los elementos que sean necesarios para conectar los equipos a los circuitos eléctricos, incluyendo los cables, terminales premoldeados, conectores y accesorios .

**1.2.2.3 Normas.** En general, todas las celdas y/o tableros requeridos deberán cumplir con las partes aplicables de la última edición de las siguientes normas para materiales, diseños y pruebas:



### a. Celdas, gabinetes e instrumentos

- IEC 298 "A.C Metal Enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 72.5 kV".
- IEC 445 "Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules of an alphanumeric system".
- IEC 473 "Dimensions for panel-mounted indicating and recording electrical measuring instruments".
- IEC 687 "Alternating current static watt-hour meters for active energy classes 0,2 s and 0,5 s".
- IEC 688 "Electrical measuring transducers for converting a.c. electrical quantities to analogue or digital signals".
- IEC 1131 "Programmable controllers"
- ANSI C37.20.2 "Metal-Clad and station-type cubicle switchgear"

### b. Interruptores

- IEC 56 "High-voltage alternating current circuit - breakers"
- ANSI C37.04 "Rating structure for A.C. high-voltage circuit breakers rated on a symmetrical current basis".
- ANSI C37.06 "A.C high-voltage circuit breakers rated on a symmetrical current basis - Preferred ratings and related required capabilities".

### c. Seccionadores

- IEC 129 "Alternating current disconnectors (isolators) and earthing switches".



#### d. Transformadores de medida

IEC 185	"Current transformers"
IEC 186	"Voltage transformers"
ANSI C57.13	"Requirements for instrument transformers"

#### e. Pararrayos

IEC 99-4	"Part 4: Metal oxide surge arresters without gaps for a.c. systems".
----------	--

#### f. Relés de protección

IEC 255	"Electrical relays"
ANSI/IEEE C37.90	"Relays and relay systems associated with electric power apparatus".
ANSI C37.91	"Guide for protective relay applications to power transformers".

El Proponente podrá usar otras normas equivalentes a las relacionadas, previa aprobación de La Sociedad Concesionaria, para lo cual deberá anexar a la propuesta la copia respectiva.

**1.2.2.4 Características eléctricas del sistema.** Las características eléctricas del sistema son las siguientes:

• Tensión asignada de operación, kV	13,2
• Tensión máxima asignada del sistema, Um, kV	15
• Frecuencia asignada, Hz	60
• Corriente continua de la barra principal, A	600

Las características de aislamiento deberán ser coordinadas con los sistemas a los cuales son conectados los equipos, con un nivel mínimo de aislamiento al impulso básico de 95 kV. Las corrientes de cortocircuito de los equipos deben ser determinadas por el Contratista de acuerdo con los diagramas eléctricos, las capacidades de los equipos y los aportes de los diferentes sistemas a la falla. La corriente mínima de cortocircuito de los equipos debe ser 31,5 kA.

**1.2.2.5 Características de construcción.** Los equipos deberán cumplir con todas las partes aplicables de esta. Los equipos deberán ser diseñados para operar a las condiciones del sitio donde serán instalados y deberán ser adecuados para ambientes húmedos y tropicales.

*de* **Celdas.** Las celdas deberán <sup>vestidos</sup> ser para instalación interior, estructuras autosoportadas, aptas para ser usadas solas o en combinación con otras celdas para formar un conjunto uniforme. Las celdas para interruptores y seccionadores serán ejecución "Metal clad" con cerramiento IP54 para los tableros que se instalaran en los edificios de control de los portales y un grado IP54 para los celdas de los seccionadores que se instalaran en los Nichos 1, 2 y 3 del Túnel pero con filtros en las rejillas de ventilación. Las celdas serán unidas unas a otras por medio de pernos.

Las celdas de media tensión deberán ser construidas o formadas por secciones de láminas de acero lisas de 2.5 mm de espesor, fijadas a perfiles estructurales de acero reforzado para formar una estructura rígida y autosoportada, conformando estructuras simples con la base de la fundación.

Las puertas se deben proveer con guías o cadenas de retención, para limitar su rotación y evitar averías. Las bisagras deben permitir que la puerta rote como mínimo 120° a partir de la posición cerrada.

La celda deberá ser completamente cerrada para evitar la entrada de polvo y de agua y para evitar contactos involuntarios. En la ejecución de la celda se deberán incorporar compartimientos internos independientes con separación metálica, confiable, para el cableado y el control secundario, los interruptores, los barrajes, los transformadores de instrumentos y las conexiones de los cables de media tensión. El paso del barraje entre celdas debe tener una lámina de separación con pasamuros.

Los barrajes de los tableros serán trifásicos, tres hilos. Estos barrajes, al igual que la barra de tierra estarán constituidos por barras rectangulares de cobre electrolítico, de una conductividad del 98% con las capacidades especificadas e indicadas en los planos, sin exceder los aumentos de temperatura permisibles indicados en las normas y una densidad máxima de corriente de 1,5 A por mm<sup>2</sup>. Las barras deberán tener un aislamiento del tipo termoencogible, adecuado para el nivel de aislamiento del tablero. El aislamiento de las barras deberá ser completo e incluirá tanto las uniones como los ángulos y derivaciones. Sobre las transiciones se deberán instalar manguitos del mismo material. Los barrajes en compartimientos independientes, deberán montarse sobre soportes aislantes de resina epóxica y deberán tener propiedades dieléctricas y mecánicas coordinadas con las capacidades de los interruptores y soportarán los esfuerzos dinámicos debidos a por lo menos 2,5 veces la máxima corriente de cortocircuito. Las platinas de empalme, los extremos de las barras y todos los puntos de conexión deberán ser plateados para obtener un contacto plata plata de alta presión.

Las celdas se deben alambrear completamente y los cables para conexiones a otras celdas se deben llevar a borneras. Todo el alambreado debe ser nítido, técnicamente desarrollado, sin empalmes y con arreglo uniforme de los circuitos. Los conductores que conectan los dispositivos a la bornera deben marcarse en ambos extremos con elementos de identificación del tipo anillo pregrabado, los cuales deben identificarse también en los planos de los equipos. Todos los contactos para señalización remota en el sistema de control del Túnel deben ser libres de potencial y deben ser cableados a borneras.

El suministro debe incluir las abrazaderas para fijar los cables de media tensión a las celdas y las prensaestopas para sellar la entrada de los cables a las celdas.

El cableado a los equipos instalados en las puertas deberá realizarse con conductores flexibles mínimo de 41 hilos y deberá ser lo suficientemente flojo para permitir la apertura de las puertas sin producir tensiones mecánicas sobre los cables.

Cada celda, incluyendo el equipo contenido, se debe diseñar para ser manejado como una unidad, y debe tener argollas de alce removibles.

Las celdas deben tener una barra de cobre continua para tierra, fijada adecuadamente a la celda, con borne para conectar un cable de 70 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG). La dimensión mínima de la barra de tierra debe ser 30 x 5 mm.

→ Cada una de las celdas deberá tener un interruptor automático (minibreaker) con dos contactos de señalización para la protección de los circuitos de control e



interruptores miniatura para alimentar los circuitos: de calefacción, alumbrado y tomas de la celda.

El Contratista deberá someter a aprobación de La Sociedad Concesionaria todos los planos eléctricos y mecánicos relacionados con el suministro, en los cuales se muestre el diseño propuesto y disposición de equipos, antes de proceder a la construcción de las celdas.

Todas las celdas tendrán en la parte frontal un diagrama <sup>mimico</sup> que indique la interconexión de todos los elementos conformantes del sistema de alimentación y distribución. Dicho diagrama será construido en perfiles de aluminio o en un material similar que garantice su buen comportamiento en condiciones de ambiente tropical. Adicionalmente todas las celdas deberán tener placas de identificación de cada una de ellas cuya leyenda será sometida a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

Los seccionadores deberán poseer enclavamientos en forma tal que sólo puedan ser cerrados si la puerta de acceso a la celda está cerrada; a su vez, la puerta de la celda sólo podrá abrirse si el seccionador está abierto. Cuando el seccionador esté abierto, las partes que permanezcan bajo tensión deberán tener una barrera aislante de protección contra toque accidental.

La entrada y salida de los cables en las celdas de los diferentes tableros de 13,2 kV deberá ser por la parte inferior y además debe ser coordinada con su ubicación en las obras civiles y las previsiones para acceso de los cables de fuerza y control.

La secuencia de control para la transferencia de los alimentadores se describe más adelante en estas especificaciones, el Contratista deberá suministrar todo el equipo de control requerido para realizar las funciones de control especificadas.

**Interruptores automáticos de potencia.** Los interruptores automáticos serán tripolares del tipo extraíble para uso interior, con medio para extinción del arco en SF<sub>6</sub> (hexafloruro de azufre) o en vacío, con mecanismo de operación por energía acumulada en resortes, operado eléctrica y manualmente.

Los interruptores automáticos deberán cumplir con las características generales del numeral 1.2.2.4 y adicionalmente las siguientes:

- Corriente asignada, A 600
- Ciclo de operación (CO) CO-15s-CO
- Tensión del mecanismo de operación 120 Vc.a + 10%, - 15%
- Tensión auxiliar de control 120 Vc.a + 10%, - 15%
- Tiempo total máximo de interrupción 5 ciclos con base en 60 Hz

El mecanismo de operación deberá ser accionado mediante un motor de 120 Vc.a, y mediante una palanca removible para operación manual, con una capacidad de operación disparo-cierre-disparo sin que sea necesario recargar el mecanismo.

Los interruptores automáticos de potencia deberán tener suficiente cantidad de interruptores y contactos auxiliares para ser usados en los enclavamientos, control, señalización local y remota. Para señalización remota, en el sistema de control del Túnel se deberá indicar la posición de los contactos principales y la posición del carro del interruptor.

El sistema extraíble del interruptor debe tener enclavamientos mecánicos para evitar el desplazamiento del interruptor cuando los contactos principales estén cerrados.

Se deberán suministrar equipos de desconexión removibles para los controles y mandos del interruptor.

El interruptor deberá ser suministrado con los accesorios necesarios ya mencionados incluyendo, pero no limitados a los siguientes:

- Indicador de posición de "Prueba" y "Conexión" con lámpara de señalización .
- Indicador de resorte cargado o descargado
- Indicador del interruptor "cerrado" y "abierto" con lámpara de señalización roja y verde.
- Placa de características en español



- Enclavamientos eléctricos
- Enclavamientos mecánicos
- Contador de operaciones
- Suiches auxiliares de señalización y control
- Palanca removible para operar el interruptor
- Conmutador de control del interruptor
- Indicador de densidad y/o presión para el SF<sub>6</sub> con contacto de alarma (si es aplicable).
- Suiche selector de servicio-fuera de servicio para el control del interruptor.

Cuando los interruptores no sean apoyados directamente en el piso se deberá suministrar una estructura con ruedas para la extracción de los interruptores de las celdas, que permita soportar el interruptor, posicionarlo para su ubicación en la parte extraíble de la celda y transportarlo hasta el sitio de mantenimiento. El equipo para manejo del interruptor deberá ser plegable, que requiera poco espacio para su almacenamiento.

**Seleccionadores bajo carga con fusible.** Los seccionadores serán tripolares para operación bajo carga con fusibles, de tipo interior, con medio de extinción en SF<sub>6</sub> o en vacío, de apertura simple y vertical, operados manualmente por medio de un mecanismo de energía almacenada en resorte desde la parte frontal de la celda; la palanca de operación será removible.

- Los seccionadores bajo carga con fusible deberán ser suministrados con portafusibles y fusibles de alta capacidad de ruptura que provoquen la apertura simultánea de los tres polos del seccionador, en caso de operación de al menos uno de ellos.
- El mecanismo de accionamiento del seccionador no deberá permitir que las cuchillas permanezcan en una posición intermedia. La fuerza y la velocidad para abrir y cerrar el seccionador serán independientes de la fuerza del operador.

- Los seccionadores deberán tener las características generales indicadas en el numeral 1.2.2.4 y una capacidad mínima de corriente de 400 A.
- Los fusibles, que deben estar dotados de un percutor para el disparo del seccionador, y tener señalización de disparo tanto local como remota, deben cumplir las características generales del seccionador. La capacidad de los fusibles debe ser determinada por el Contratista, la cual no deberá ser inferior a la indicada en los planos y deberán ser adecuados para proteger los transformadores de potencia.
- Los seccionadores deberán ser suministrados con lámparas de señalización roja y verde para indicar la posición "cerrado" y "abierto" del seccionador.
- Los seccionadores deberán suministrarse con contactos auxiliares libres de potencial para indicación de su posición.

**Pararrayos tipo interior para 13,2 kV.** En los sitios indicados en los diagramas unifilares mostrados en los planos de la contratación se instalarán tres pararrayos tipo interior, uno por cada fase, de óxido de zinc, ZnO, adecuados para proteger el equipo, con las características indicadas en el numeral 1.2.2.4, y además con las que se describen a continuación:

Máxima tensión continua de operación (COV), kV	9
Tensión asignada del pararrayos, kV	12
Máxima tensión asignada residual para onda de 10 kV, 8 x 36 20 ms, kV cresta	36
Corriente asignada de descarga, kA	10

*en tensión de operación en voltios*

**Transformadores de corriente.** Los transformadores de corriente serán para uso interior, de uno o dos núcleos, con aislamiento seco, moldeados con resina aislante y tendrán capacidad mecánica para soportar los efectos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito.

El secundario de los transformadores se conectará a borneras del tipo cortocircuitable (seccionable) que tengan fácil acceso.

El Contratista deberá calcular la corriente primaria y la capacidad de los transformadores de acuerdo con las características del circuito y las cargas conectadas y someter los cálculos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria. La capacidad no podrá ser menor de 15 VA. Las relaciones que aparecen en los

planos deberán ser revisadas por el Contratista, las cuales deberán ajustarse a las capacidades de los equipos que realmente se suministren.

Los transformadores de corriente deben ser seleccionados de acuerdo con las características del sistema donde serán instalados y deben cumplir con las características generales del numeral 1.2.2.4 y adicionalmente con las siguientes:

- Corriente secundaria asignada, A	5
- Clase de precisión	
Medida	0,5
Indicación	1,0
Protección (e indicación)	20

**Transformadores de tensión.** Los transformadores de tensión serán del tipo interior, con aislamiento seco, moldeados en resina aislante y tendrán fusibles de protección en el lado primario y mini-interruptores con contactos auxiliares de alarma y señalización en el lado secundario del transformador. Aunque no se indique en los planos, el Contratista deberá someter a aprobación de La Sociedad Concesionaria la instalación de los mini-interruptores en el lado secundario de los transformadores.

Los transformadores de tensión deben cumplir con las características generales del numeral 1.2.2.4 y adicionalmente con las siguientes:

• Tensión asignada primaria, kV	13,2/√3
• Tensión asignada secundaria, V	120/√3
• Clase de precisión	
- Medida	0,5
- Protección (e indicación)	3P

La capacidad de cada núcleo deberá ser determinada por El Contratista y no podrá ser menor de 30 VA.

**Equipo integrado de protección, indicación y alarma.** Donde se requiera se deberá suministrar un equipo digital que realice, de manera integrada, mediante el software apropiado, las funciones de protección, indicación y alarma especificados más adelante.

El equipo deberá alimentarse de los devanados secundarios de los transformadores de tensión y corriente aquí especificados y se localizará en la parte superior de la celda. Tendrá un despliegue digital que mostrará el valor de la variable seleccionada mediante un selector que estará localizado en la parte frontal del equipo.

El equipo contará con el número de contactos suficientes para llevar las señales de alarma y control requeridas para efectuar la apertura del interruptor asociado y la señalización local al sistema de control del Túnel. Se deben prever contactos independientes para la función de baja tensión para ser utilizados en los enclavamientos especificados en las secuencias de control.

Adicionalmente, el equipo deberá tener salida de 4-20 mA para las señales análogas requeridas en los planos, las cuales serán conectadas al sistema de control del Túnel.

El equipo deberá estar provisto con los contactos suficientes para indicación en el sistema de control del Túnel y con un puerto para comunicación serial tipo RS 232 C. Los contactos para señalización remota deben ser independientes, libres de potencial y cableados a borneras.

Se deberán suministrar los medios que permitan la programación y verificación del funcionamiento de estos equipos. La tensión auxiliar deberá ser 120 Vc.a.

Como propuesta alternativa el proponente podrá ofrecer también equipos de indicación y protección, con diferente grado de integración o independientes como se especifica en el literal h de este numeral y que realicen todas las funciones aplicables que se describen en este numeral.

El equipo deberá realizar las funciones de protección de sobrecorriente de fases y neutro, y de baja tensión tal como se indica en los diagramas unifilares y se describe para los relés de protección del literal h más adelante. Además deberá indicar, en una pantalla digital, las señales análogas de corriente, tensión y potencia activa. Adicionalmente el equipo que se instale en el alimentador principal deberá tener las funciones de protección de baja y alta tensión.

**Relés de protección.** El Contratista deberá realizar el estudio de coordinación de protecciones e indicar el ajuste que se debe dar a cada relé y someterlo a la aprobación de La Sociedad Concesionaria. En el estudio de coordinación de

protecciones deben incluirse las protecciones de los tableros de baja tensión y los arrancadores de los motores.

Se deberán instalar relés de protección cuando lo requieran estas especificaciones, lo indiquen los planos o cuando la seguridad de los equipos así lo amerite, con las características que se especifican a continuación:

- **Características generales.** Los relés serán de estado sólido, del tipo extraíble desde el frente del panel sin necesidad de desconexión de terminales y sin que se abran los terminales de los transformadores de corriente. Tendrán cubierta a prueba de polvo y se montarán a ras del panel. Deberán poseer terminales que permitan efectuar pruebas sin necesidad de desconexión e indicadores externos de operación. Deberán ser fabricados y probados de acuerdo con la norma IEC 255.

Los relés serán para conectar a los transformadores de instrumentación con las características indicadas en los planos. Deberán tener los contactos suficientes para llevar las señales de alarma y disparo requeridas para efectuar la apertura y/o el bloqueo de los interruptores asociados y la señalización a los sistemas de control local y del Túnel ; estos contactos deben estar cableados a borneras.

Las características eléctricas generales deberán ser las siguientes:

- Frecuencia asignada, Hz	60
- Rango de temperatura, °C	-5 + 55
- Corriente asignada, A	5
- Tensión auxiliar, Vc.a	120
- Margen de tensión de operación	+10%, - 15%

- **Relés de sobrecorriente.** Podrán ser digitales o numéricos, con indicación de fase fallada, con dos etapas de sobrecorriente, una de ellas (I >), con curva de operación seleccionable entre inversa, muy inversa y extremadamente inversa y la otra (I >>), de tiempo definido o instantáneo. Los relés de sobrecorriente deberán tener protección contra fallas entre fases y entre fases y tierra, con características de operación temporizada e instantánea. Los rangos de ajuste de corriente para cada etapa son los siguientes:

Sobrecorriente, con curva de operación seleccionable (I >)



- Relé de fase 50-250% de la corriente nominal
- Relé de falla a tierra 20-80% de la corriente nominal
- Sobrecorriente, tiempo definido o instantáneo ( $I \gg$ )
- Relé de fase 100-2 000% de la corriente nominal
- Relé de falla a tierra 100-2 000% de la corriente nominal

2/ Los relés de sobrecorriente de fase para protección de los transformadores que alimentarán los tableros de distribución a 480V y a 220 V en los portales serán iguales y tendrán los mismos rangos de ajuste de los descritos anteriormente; estos relés serán instalados en los tableros de distribución a 13,2 kV.

- **Relés de baja tensión.** Operará para un valor de baja tensión dado o pérdida de tensión en cualquiera de las tres fases y en caso de inversión de fases, tendrá rangos mínimos de ajuste entre el 40% y el 100% del valor de tensión nominal y de 100 ms a 60 s en pasos discretos.
- **Relés de sobre tensión.** Operará para un valor de sobre tensión dado o aumento de tensión en cualquiera de las tres fases y en caso de inversión de fases, tendrá rangos mínimos de ajuste entre el 100% y el 140% del valor de tensión nominal y de 100 ms a 60 s en pasos discretos.
- **Relé de bloqueo de barra.** Se requieren relés de bloqueo y disparo para protección de la barra de 13,2 , los cuales deberán ser del tipo reposición manual, alta velocidad, de contactos múltiples e intercambiables, para operación a 120 Vc.a. El tiempo de operación debe ser de aproximadamente un ciclo.

7/ **Anunciador..** El tablero de distribución a 13,2 kV. deberá tener un sistema electrónico con componentes de estado sólido de bajo consumo de energía, para detección de señales de alarma con veinticuatro ventanas, que proporcione señales visuales y audibles cuando se presente una condición anormal en el sistema eléctrico. El anunciador deberá ser suministrado montado y cableado completamente en el tablero donde se muestra en los planos y deberá incluir la fuente de alimentación, la caja de señalización, el equipo de detección y reproducción de alarmas y la bocina.



El sistema del anunciador deberá ser adecuado para ser alimentado a 120 Vc.a tomada de los sistemas de corriente alterna disponibles en los edificios de los portales Occidental y Oriental

El funcionamiento del anunciador deberá ajustarse a la secuencia de control F2M-1 de acuerdo con la norma ISA.

En la parte frontal de la celda del anunciador se deberán instalar los pulsadores requeridos para efectuar las funciones de prueba de lámparas, borrado o reposición de la señal audible, reconocimiento y borrado o reposición de la secuencia del anunciador.

Las funciones de reposición de la secuencia del anunciador y de la señal audible deberán ser independientes y enclavadas de tal forma que la primera no pueda ser restituida sin que se haya restituido la segunda.

El sistema de detección de señales deberá suministrarse completo, ser estanco al polvo y ser adecuado para operar en una atmósfera caliente y húmeda.

La indicación deberá ser dada por medio de LED's color rojo y al lado de cada LED se debe disponer la leyenda de la alarma correspondiente. Las leyendas deberán ser con letras blancas sobre fondo negro protegidas para que no sean borradas durante el trabajo normal del sistema.

En las alarmas se deberán prever los enclavamientos necesarios para que no se produzcan falsas alarmas. Las alarmas de reserva serán utilizadas de acuerdo con las necesidades que se presenten durante el desarrollo del proyecto y deberán ser coordinadas con La Sociedad Concesionaria.

El anunciador de alarmas debe tener los equipos y elementos necesarios para repetir todas las alarmas para el sistema de control del Túnel en cada portal y en los Nichos

En la propuesta se deberá incluir información técnica del anunciador de alarmas ofrecido.

**Elementos varios.** Se entenderá por elementos varios; borneras, borneras cortocircuitables para señales de corriente, bloques de prueba para circuitos de indicación y medida, contactores auxiliares, elementos de calefacción, alumbrado interior, relés auxiliares, incluyendo temporizadores, transformadores auxiliares de corriente y de tensión, conmutadores, selectores y pulsadores, terminales para

cables, marquillas, lámparas de señalización, placas de identificación, prensaestopas, etc. que sean necesarias para el buen funcionamiento y desempeño seguro del equipo a suministrar.

**1.2.2.6 Disposición general de equipos.** El Contratista deberá suministrar e instalar los tableros de distribución a 13,2 kV y los seccionadores, completos, con equipos y accesorios, como sea requerido para el buen funcionamiento de los equipos y la continuidad del servicio del sistema de servicios auxiliares del Túnel. El Contratista deberá someter a aprobación los planos con la disposición física de los tableros y los equipos instalados en cada celda de acuerdo con los diseños detallados desarrollados por Él.

La celda del seccionador que alimentara el transformador de 300 kVA (T5) en cada portal, deberá ser acoplado a la celda del interruptor del correspondiente circuito de interconexión del cual se derivara.

Las celdas de los seccionadores que se instalaran en los Nichos de subestación 1, 2 y 3 al interior del Túnel deben ser acopladas a las celdas de los transformadores de 160 kVA (T1 y T2), para formar las subestaciones de servicios auxiliares y parte del tablero de distribución a 220 Vc.a.

### **1.2.3 Equipos de baja tensión**

**1.2.3.1 Objeto y alcance.** En este numeral se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, ensamble y pruebas en fábrica, suministro, montaje en el sitio, pruebas y puesta en servicio de los tableros de distribución de baja tensión a 480 V c.a., 220 V c.a. y a 208V c.a; con interruptores, equipo de protección, control y medida.

Las características de los equipos deberán ser seleccionadas de acuerdo con las características de las fuentes de alimentación y las cargas a ser conectadas a cada celda o tablero o elemento.

Los términos escritos y utilizados en forma singular para una sola celda o un tablero deberán igualmente aplicarse a cada una de las demás celdas o tableros, a menos que se establezca, en cada caso en particular, en forma diferente.

Esta sección comprende los siguientes equipos:

**a. Edificio en el Portal Occidental**

- Un tablero de distribución a 480 V c.a.
- Un tablero de distribución a 220 V c.a.
- Un tablero de distribución para alumbrado y fuerza a 208 V c.a.
- Un tablero de distribución para los servicios auxiliares de las plantas diesel y de los transformadores a 208 V c.a.

**b. Edificio en el Portal Oriental**

- Un tablero de distribución a 480 V c.a.
- Un tablero de distribución a 220 V c.a.
- Un tablero de distribución para alumbrado y fuerza a 208 V c.a.
- Un tablero de distribución para los servicios auxiliares de las plantas diesel y de los transformadores a 208 V c.a.

**c. Nichos de subestación al interior del Túnel**

- Tres tableros de distribución a 220 V c.a.

**1.2.3.2 Características generales.** Los tableros de distribución principales en los portales y en los Nichos de subestación al interior del Túnel tendrán la siguiente configuración general.

Los tableros de distribución principal a 480 V c.a. para los edificios en los portales Occidental y Oriental del Túnel, consistirán de interruptores de potencia para bajo voltaje extraíbles operados manual y eléctricamente y de interruptores del tipo de caja moldeada. Los tableros tendrán dos alimentadores principales provenientes de dos transformadores de 1,25 MVA, y dos alimentadores de emergencia provenientes de dos grupos electrógenos de 900 KW (1125 KVA),



02 Los cuatro alimentadores se conectan a un barraje común desde el cual se derivan todos los circuitos para alimentación de las cargas eléctricas del edificio en cada portal. Los interruptores de los dos alimentadores principales del tablero deberán tener enclavamientos para evitar el cierre simultáneo con los dos alimentadores de emergencia, impidiendo su operación en paralelo. Los tableros tendrán una transferencia automática para el control de los interruptores de los alimentadores en caso de falla del alimentador principal y garantizar la continuidad del suministro de energía eléctrica a las cargas.

Inicialmente en el proyecto se instalara un transformador <sup>de 1,25 MVA (T1) y una planta diesel de 900 KW, el segundo transformador (T2) y la segunda planta diesel de similares características, solo se instalaran en la segunda etapa del proyecto, cuando se requiera aumentar la potencia en el sistema de ventilación del Túnel, por lo tanto en el tablero de distribución a 480 V se suministrara como reserva el interruptor del segundo transformador y no se incluirá el interruptor de la segunda planta diesel, el cual se suministrara en la segunda etapa.</sup>

Los tableros de distribución a 220 V c.a para los portales Occidental y Oriental del Túnel serán alimentados desde los tableros de distribución a 13,2 kV a través de dos transformadores de potencia de 300 kVA (T4 y T5) del tipo sumergidos en aceite y desde el tablero de distribución a 480 V c.a a través de un transformador de distribución de 300 kVA (T3) del tipo seco los cuales se conectaran a un barraje común a través de interruptores de potencia para baja tensión extraíbles y adicionalmente estarán conformados por interruptores del tipo de caja moldeada y la celda para el transformador de distribución tipo seco. Estos tableros serán utilizados para alimentar las unidades de potencia ininterrumpibles, los tableros de distribución de alumbrado para la zona de transición del Túnel y para un transformador a 112,5 kVA.

Los tableros de distribución de alumbrado y fuerza a 208/127 V c.a para los portales Occidental y Oriental serán alimentados desde el tablero de distribución a 220 V c.a a través de un transformador de distribución de 112,5 kVA (T6), del tipo seco el cual se conectara a un barraje a través de un interruptor del tipo de caja moldeada, adicionalmente estarán conformados principalmente por interruptores del tipo de caja moldeada y la celda para el transformador de distribución tipo seco. Estos tableros de distribución de alumbrado y fuerza a 208/127 V c.a serán utilizados para alimentar los tableros de distribución de alumbrado y fuerza, y el tablero de distribución para los servicios auxiliares de la planta diesel y transformadores.

Los tableros de distribución para los servicios auxiliares para la planta diesel y transformadores a 208 V c.a, estarán conformados principalmente por interruptores del tipo de caja moldeada, de acuerdo como se muestran en los planos.

Los tableros de distribución a 220 V c.a. localizadas en los tres Nichos de subestaciones al interior del Túnel estarán conformadas por dos transformadores de potencia tipo seco de 160 kVA (T1 y T2), conectados cada uno a los dos circuitos de interconexión a 13,2 kV entre portales a través de seccionadores bajo carga con fusibles para media tensión y a través de interruptores de potencia para baja tensión extraíbles, conectados a un barraje común, de los cuales se derivarán los alimentadores principales para los tableros de distribución de alumbrado y para la unidades de potencia ininterrumpibles.

El control de las transferencias de los alimentadores y de los interruptores deberán realizarse de acuerdo con los esquemas especificados más adelante en estas especificaciones.

**1.2.3.3 Normas.** Las celdas y demás equipo deberán cumplir con las previsiones generales aplicables estipuladas en la última edición de las normas listadas en el numeral 1.2.2.3 y adicionalmente las siguientes:

IEC-439	"Low Voltage Switchgear and controlgear Assemblies"
IEC-947	"Low voltage switchgear and controlgear"
ANSI C37.16	"Preferred ratings, related requirements and application. recommendations for low - voltage power circuit breakers and A.C power circuit protectors".
ANSI C37.20.1	"Standard for metal - enclosed low voltage power circuit breaker switchgear".
ANSI C37.20.3	"Standard for metal - enclosed interrupter switchgear"
ANSI C39.1	"Requirements for electrical analog indicating instruments"
NEMA AB1	"Molded case circuit breakers"

**1.2.3.4 Características eléctricas del sistema.** Las características de corriente de los tableros y equipos de baja tensión deben ser verificadas por el Contratista, de acuerdo con las fuentes de alimentación y la contribución de los diferentes sistemas. Los cálculos deben ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

**a. Equipo de baja tensión a 480 Vc.a.**

- -Tensión asignada de operación, V 480
- -Tensión máxima asignada del sistema, V 600
- -Frecuencia asignada, Hz 60
- -Tensión asignada soportada al impulso atmosférico (BIL), kV pico. 10
- -Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (60 Hz), V. 2 200

**b. Equipo de baja tensión a 220 V c.a.**

- -Tensión asignada de operación, V 220
- -Tensión máxima asignada del sistema, V 240
- -Tensión asignada soportada al impulso atmosférico (BIL), kV pico. 10
- -Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (60 Hz), V. 2 200

**c. Equipo de baja tensión a 208 V c.a.**

- -Tensión asignada de operación, V 208
- -Tensión máxima asignada del sistema, V 240
- -Tensión asignada soportada al impulso atmosférico (BIL), kV pico. 10
- -Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (60 Hz), V. 2 200

**1.2.3.5 Características de construcción.** Los equipos deberán cumplir con todas las partes aplicables de esta especificación. Los equipos deberán ser diseñados para operar a las condiciones del sitio donde serán instalados y deberán ser adecuados para ambientes húmedos y tropicales.

**Celdas y tableros.** Los tableros deben cumplir con las condiciones aquí indicadas y con las aplicables de lo especificado en el numeral 1.2.2.5

Las celdas suministradas serán ejecución "Metal enclosed", para instalación interior, autosoportadas, con compartimientos internos separados para barras, interruptores, cables y equipos de control, protección, medida e indicación con el fin de garantizar una separación confiable entre el cableado de los circuitos de fuerza y de los circuitos de control de las barras y de los transformadores de corriente y potencial. Las celdas deberán ser del tipo frente muerto (dead front type) y deberán tener un cerramiento hermético al polvo y al agua, construidas con láminas metálicas de un espesor mínimo de 2 mm, con cerramiento IP54 para los tableros que se instalaran en los edificios de control de los portales y un grado IP54 para los tableros que se instalaran en los Nichos 1, 2 y 3 del Túnel pero con filtros en las rejillas de ventilación. Las celdas se acoplarán mecánicamente por medio de pernos para formar los tableros.

Los ductos de cables, tanto de control como de potencia, serán independientes y contruidos de tal forma que permitan la entrada y la salida de los conductores por las partes superior e inferior, de acuerdo con el sitio de instalación, por lo tanto las tapas respectivas deberán ser desmontables con el objeto de facilitar la instalación de los prensaestopas, los cuales deberán ser suministradas e instaladas por el Contratista. El Contratista deberá coordinar con las obras



civiles, las previsiones requeridas para el paso de cables. Todas las entradas de cables a los tableros deberán quedar completamente selladas para evitar entrada de polvo y humedad al tablero.

Para conducir los cables de control a través de la celda y para facilitar el cableado se deberán usar canaletas plásticas de fácil fijación, provistas con tapas con ajuste preciso para lograr una buena apariencia final.

Los interruptores de salida de las celdas y tableros de distribución deberán disponerse en dos filas verticales de tal forma que permitan por el centro la conexión a barras y por los ductos laterales independientes la conexión de cables de salida, para lograr así conectar o desconectar los cables de salida estando la celda en servicio.

Los interruptores deberán instalarse en la parte frontal de las celdas, las cuales deberán tener puerta con bisagras, con perforaciones que permitan una fácil operación de los interruptores sin abrir la puerta. La conexión desde los barrajes principales a cada uno de los interruptores deberá realizarse mediante barras de cobre de una sección adecuada para soportar permanentemente la corriente del armazón (frame) del interruptor respectivo. En los tableros se deberá instalar una barra de neutro soportada sobre aisladores del mismo material de las barras principales con una capacidad mínima del 70% de la capacidad de las barras principales.

El Contratista deberá suministrar los terminales plateados del tipo compresión para los cables de fuerza que entran y salen de las celdas, adecuados para el calibre de cada uno de ellos. La conexión de los cables a los interruptores deberá ser con pernos, tuercas y arandelas de presión, el Contratista deberá suministrar en los interruptores los terminales del tipo de conexión posterior (rear Stud).

En el frente de las celdas, y tableros se deberá colocar un diagrama mímico y además placas de identificación para cada uno de los circuitos de todas las celdas cuyas leyendas serán sometidas a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

Los tableros de distribución a 480 V c.a deberán tener un anunciador de alarmas para indicar las fallas propias de los equipos instalados en los tableros y las de los sistemas asociados a ellos. Las señales de los anunciadores de alarma deben repetirse para el sistema de control general del Túnel.

Cada uno de los transformadores de potencia, trifásicos, tipo seco, que hacen parte de este suministro de Equipos Eléctricos Principales, estará albergado en

una celda adecuada para la correcta ventilación y operación del transformador. Los gabinetes deberán tener un cerramiento mínimo IP54 para los tableros que se instalaran en los edificios de control de los portales y un grado IP54 para los tableros que se instalaran en los Nichos 1, 2 y 3 del Túnel, pero con filtros instalados en la rejillas de ventilación. Los transformadores se especifican en el numeral 1.2.4 de estas especificaciones. La conexión entre el lado de baja tensión de los transformadores y los barrajes de los tableros deberá hacerse con trencillas de cobre flexibles.

Los gabinetes para los transformadores deberán tener suficientes puertas con bisagras para permitir el acceso al cambiador de derivaciones del transformador.

La secuencia de operación para las transferencias de los alimentadores se describen, en forma general, más adelante en estas especificaciones. El Contratista deberá suministrar todo el equipo de control requerido para realizar las funciones de control especificadas.

El Contratista deberá verificar la capacidad de los interruptores de acuerdo con las cargas de los equipos realmente instalados y suministrar los interruptores que sean necesarios para alimentar todas las cargas. Para los interruptores del tipo de caja moldeada el Contratista deberá dejar un 10 % de interruptores de reserva de cada tipo y capacidad utilizados, conformado por lo menos por uno de cada tipo y capacidad para los interruptores tripolares y dos para los interruptores monopolares y bipolares.

*Armaزون*  
El Contratista deberá seleccionar las capacidades de las protecciones térmicas de los interruptores de caja moldeada de acuerdo con las cargas reales, y aumentar el Frame de los que considere necesario en el caso de que los equipos aumenten de potencia. Lo anterior debe ser sometido a aprobación de La Sociedad Concesionaria.

**Interruptores de potencia para bajo voltaje.** Los interruptores de potencia para bajo voltaje deberán ser en aire, tipo extraíble, tripolares, de un solo tiro, con accionamiento manual y motorizado, con acumulación de energía en resorte; el mecanismo de operación eléctrico será accionado por un motor de 120 V.c.a.

Deberán tener un dispositivo de estado sólido para protección de sobrecorriente, sobrecarga y falla a tierra, con ajustes para sobrecorrientes de larga y corta duración y para disparo instantáneo y con ajustes en magnitud y tiempo para la protección de falla a tierra, con rangos que permitan una efectiva coordinación de protecciones con los demás interruptores del sistema.

Los interruptores deberán tener un número suficiente de contactos auxiliares que serán usados en enclavamientos eléctricos, control local y remoto, señalización local y remota y circuitos de alarma. Las conexiones de mando y control deben ser enchufables.

El elemento extraíble consistirá de un carro que será el soporte del interruptor, equipado con todos los contactos de desconexión, enclavamiento y los elementos asociados para la función de desconexión; deberán tener enclavamientos mecánicos que prevengan:

- El movimiento del interruptor hacia o desde su posición de contacto cuando el interruptor esté cerrado.
- El cierre del interruptor a menos que los dispositivos de desconexión primaria estén en contacto total o separados una distancia segura.
- El movimiento del elemento removible más allá de su posición de contacto.

La operación de los interruptores deberá hacerse desde el frente de la celda sin abrir la puerta. Se debe suministrar la palanca para operación manual.

Los interruptores deberán estar equipados con un indicador visible de la posición de los contactos principales del interruptor (abierto-cerrado) y del acumulador de energía (cargado-descargado). El mecanismo de extracción deberá tener medios para definir claramente las posiciones de "conectado" o "desconectado", "prueba" o "extraído". La prueba de los interruptores deberá poderse realizar sin necesidad de abrir la puerta del compartimiento del interruptor.

Los interruptores deberán tener contactos auxiliares de posición de los contactos principales (abierto-cerrado) y de posición del carro (conectado, prueba y extraído) para señalización local y remota. Los contactos para señalización remota deberán ser cableados a bornera, y se utilizarán en el sistema de control del Túnel.

Los interruptores deberán ser instalados en compartimientos individuales completamente cerrados. En la parte fija de los interruptores se deberán instalar persianas aislantes que impidan contactos accidentales cuando el interruptor esté extraído.

Los interruptores deberán suministrarse con los suiches y conmutadores de control requeridos y una barrera de protección entre terminales y entre terminales y celda.

Los pulsadores que se instalen en la parte extraíble del interruptor, para operación manual de éste, deberán tener un enclavamiento mecánico que impida su operación cuando el interruptor esté en posición conectado.

Las características eléctricas serán las indicadas en el numeral 1.2.3.4 de estas especificaciones. El Contratista deberá verificar la capacidad permanente de los interruptores y determinar la capacidad de cortocircuito; los cálculos deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria. Los interruptores a 480 V c.a. y a 220 V c.a. deben tener la misma capacidad de cortocircuito para los dos portales y para los Nichos de tableros al interior del Túnel. Todos los interruptores de los alimentadores de los tableros deberán tener el mismo tamaño de armazón (frame) y el relé de protección adecuado a la capacidad de la fuente; así mismo todos los interruptores de los circuitos de salida a las cargas deberán tener el mismo tamaño de armazón (frame) y el relé de protección apropiado para la carga.

**Interruptores del tipo caja moldeada.** Los interruptores del tipo caja moldeada deberán ser tripolares con las características eléctricas indicadas en el numeral 1.2.3.4 de estas especificaciones.

- Mínima corriente asignada de interrupción, a 480 V 25 kA
- Mínima corriente asignada de interrupción, a 220 V 18 kA

El Contratista deberá verificar y recalculer la capacidad permanente de los interruptores indicadas en los planos de acuerdo con la capacidad de las cargas a alimentar; los cálculos deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria. Los interruptores a 480 V c.a., 220V c.a. y 208 V c.a. deben tener la misma capacidad de cortocircuito para los dos portales y para los Nichos de tableros al interior del Túnel. El armazón (frame) mínimo para los interruptores de caja moldeada deberá ser 100 A con la protección termomagnética requerida para cada carga.

Los interruptores del tipo caja moldeada, tripolares deberán suministrarse con elementos de disparo magnético de tipo instantáneo, para protección contra cortocircuito, con elementos de disparo térmico regulable entre 0,75 y 1 de la corriente nominal, los cuales deberán reaccionar en forma proporcional para

protección contra sobrecargas y con contactos auxiliares de posición del interruptor y de alarma por acción de disparo del mismo.

Todos los interruptores deberán poseer contactos auxiliares de posición y contactos de alarma cableados a bornera. Los contactos auxiliares de posición de los interruptores deberán ser cableados a borneras y los contactos auxiliares de disparo deberán ser cableados en paralelo y llevados a borneras para señalización en el sistema de alarmas de cada tablero y para señalización remota en el sistema de control del Túnel.

Los interruptores deberán tener tapas cubre-bornas con el fin de garantizar el frente muerto de las celdas.

Los interruptores deberán tener una indicación clara de sus posiciones "conectado", "desconectado" y "disparado". Una barra común para el disparo deberá asegurar una desconexión instantánea de todas las fases cuando ocurra un cortocircuito o una sobrecarga en una o más de las fases del circuito.

Los interruptores con capacidad de protección térmica menor o igual a 100 A deberán tener un armazón (frame) de 100 A.

Los interruptores de 250 A o mayores deberán tener unidades electrónicas de estado sólido para protección, ajustables, para disparo térmico y magnético.

Los interruptores de 200 A o mayores deberán estar dotados de palanca para accionamiento manual.

**Transformadores de corriente.** Los transformadores de corriente serán para uso interior, secos, de uno o dos núcleos según sea requerido, moldeados con resina aislante y tendrán capacidad mecánica para soportar los efectos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito.

El secundario de los transformadores se conectará a borneras del tipo cortocircuitables (seccionables) que tengan fácil acceso.

El Contratista calculará la capacidad de los transformadores de acuerdo con las cargas conectadas y someterá los cálculos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

La capacidad no podrá ser menor de 15 VA.



Los transformadores cumplirán con las características eléctricas indicadas en el numeral 1.2.3.4 y adicionalmente las siguientes:

- Corriente secundaria asignada, A 5
- Clase de precisión mínima
  - Medición 0,5
  - Indicación 0,5

**Transformadores de tensión.** Los transformadores de tensión serán de uno o dos núcleos según se requiera y constructivamente similares a los descritos en el literal f del numeral 1.2.2.5 y tendrán las características eléctricas indicadas en el numeral 1.2.3.4, serán para conexión entre fases y neutro, la tensión secundaria será  $120/\sqrt{3}$  V.

**Relés de protección.** El Contratista deberá realizar el estudio de coordinación de protecciones e indicar el ajuste que se debe dar a cada relé y someterlo a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

Se deberán instalar relés de protección cuando lo requieran estas especificaciones, lo indiquen los planos o las características de las cargas y alimentadores así lo requieran según las recomendaciones de las normas, con las características que se especifican a continuación:

- **Características generales.** Los relés de protección deberán cumplir con lo especificado en el literal h del numeral 1.2.2.5.
- **Relés de baja tensión.** Para los sistemas de corriente alterna se deberán suministrar relés de baja tensión, pérdida e inversión de fase, los cuales operarán para un valor de baja tensión dado o pérdida de tensión en cualquiera de las tres fases, además en caso de existencia de una inversión de fases. Tendrán rangos mínimos de ajuste entre el 40% y el 100% del valor de tensión nominal y de 100 ms a 60s en pasos discretos.
- **Relés de sobretensión.** El relé de sobretensión deberá ser trifásico, con ajustes de voltaje entre 1,1 y 1,6 veces el voltaje nominal, para retardos de tiempo de 0 a 5 segundos, y con rangos de ajuste de voltaje entre 1,4 y 2,5 veces el voltaje nominal para retardos de tiempo de 0 a 1 segundo. Los



contactos para estos rangos de ajuste deben ser eléctricamente independientes.

- **Unidad electrónica de protección de los interruptores de potencia.** En los interruptores de potencia extraíbles, para baja tensión se tendrá una unidad electrónica para protección contra sobrecorriente, cortocircuitos y contra derivaciones a tierra, la cual deberá ser conectada a transformadores de corriente localizados dentro del compartimiento removible de los interruptores.

Estos dispositivos de estado sólido deberán ser suministrados con disparo instantáneo y retardo de tiempo corto, para la protección contra cortocircuitos; con disparo de tiempo largo, para la protección contra sobrecargas y con disparo de tiempo corto, para la protección contra derivaciones a tierra, con señalización independiente para cada caso. Los valores para los rangos de ajuste para los valores de operación deberán ser mínimo:

- Retardo de tiempo largo: de 0,5 a 1,0 veces la corriente nominal en pasos de por lo menos 0,1 con límites de retraso entre 2 y 30 s, en pasos de por lo menos 5 s.
- Retardo de tiempo corto contra cortocircuito: de 2 a 12 veces corriente nominal en pasos de por lo menos 0,5, con límites de retraso entre 0,08 y 0,5 s, en pasos de por lo menos 0,08 s.
- Instantáneo: de 2 a 12 veces la corriente nominal, en pasos de por lo menos 1s, sin retardo intencional.
- Retardo de tiempo corto contra derivaciones a tierra: de 0,2 a 0,7 veces la corriente nominal, en pasos de por lo menos 0,05, con límites de retraso entre 0,1 y 0,4 s, en pasos de por lo menos 0,08 s.

**Medidores eléctricos.** Todos los medidores eléctricos deberán ser empotrados, semirrasantes (semi- flush), instalados en la puerta frontal de las celdas, con conexiones posteriores, de forma rectangular, tipo tablero, con las porciones expuestas de todas las cajas del mismo acabado y de una buena calidad y de apariencia general. Todos los medidores deberán ser suministrados con los transformadores de acople requeridos, para proporcionar una protección contra impulsos de acuerdo con la norma ANSI C37.90 A, y con los pulsadores, contactos auxiliares, resistencias, etc., necesarios, ya sean específicamente descritos o no.

Los medidores serán conectados a transformadores de instrumentos con corriente nominal en los circuitos secundarios de 5A y con tensión nominal entre fases de 120 voltios.

Las cajas de los medidores deberán ser protegidas contra la entrada de polvo (dust-tight) y contra insectos (Vermin-proof). Las cubiertas deberán tener empaques y mantenerse firmemente en su lugar y sus pantallas (display) deberán ser del tipo anti-deslumbrante.

La precisión de todos los instrumentos deberá ser como máximo, del 0,25% para las lecturas de corrientes y voltajes, del 0,5% para las lecturas de potencias y energías, del 1% para las lecturas del factor de potencia y de 0,2 Hz para la lectura de la frecuencia.

Los medidores deberán ser del tipo de paquete o módulo de instrumentación digital, identificados en los planos de licitación como módulos electrónicos de medición (MEM)

Los módulos electrónicos de medición (MEM) deberán recibir las señales de medición desde transformadores de corriente y de potencial a través de borneras terminales y para su operación no deben requerir ningún tipo de transductor; deberán ser completamente programables en sus escalas de voltajes, corrientes, y configuración de medida (línea -línea/ línea - neutro, estrella, delta) desde el panel frontal, a través de pulsadores del tipo membrana de acero inoxidable, completamente sellados y de largo tiempo de servicio. La programación deberá ser almacenada en memoria, de tal forma que se conserve cuando el módulo sea desenergizado y su pantalla deberá tener una característica temporizada, de tal forma que sea desenergizada después de un período programable, como máximo de 180 minutos.

Estos módulos deberán tener capacidad para medir, calcular y mostrar directamente en una pantalla de vacío fluorescente la siguiente información: voltajes de las tres fases (línea a línea y línea a neutro), voltaje promedio de las fases, corrientes de las tres fases, corriente promedio de las fases, potencia activa total (kW) y energía activa total (kWh). Para los equipos que quedarán instalados en los alimentadores provenientes de las plantas de emergencia deberán adicionalmente tener la medida de energía reactiva (kVarh), factor de potencia (PF) y las funciones de protección de sobre y baja tensión. Los equipos que quedarán instalados en los alimentadores de los ventiladores, deberán tener adicionalmente una indicación del contenido de armónicos (factor THD "Total Harmonics Distortion").

Las características técnicas de los módulos electrónicos de medición (MEM) deberán ser las siguientes:

- Entradas de voltaje: Programables para valores nominales de plena escala de 120, 277 ó 347 voltios c.a, con una capacidad de sobrecarga continua de 600 voltios y de 1 500 voltios c.a., durante un segundo. Impedancia de entrada mínima de 1 Megohm.
- Entradas de corriente: Cinco amperios c.a., para valores nominales de plena escala con una capacidad de sobrecarga continua de 15 amperios y de 300 amperios durante un segundo. Impedancia de entrada máximo de 0,002 ohm.
- Fuente de alimentación: Entre 95 a 145 voltios c.a, 47 a 66 Hz, y 0,1 amperios.
- Temperatura de operación: En ambiente hasta de 50°C
- Humedad: Entre 5 a,95%, no condensada

Los rangos y resoluciones de los diferentes parámetros de medida deberán ser como mínimo los siguientes:

<b>Parámetro</b>		<b>Resolución Rango</b>
Voltaje	0,1%	0-999 999
Corriente	0,1%	0-30 000
Potencia activa	0,1%	0-999 999
Energía activa	1 kWh	0-999 999 999

**Anunciador.** El anunciador debe cumplir con las especificaciones citadas anteriormente en el literal g del numeral 1.2.2.5.

**Elementos varios.** Se deberán suministrar los elementos varios requeridos tal como se especifican en el literal j del numeral 1.2.2.5.

**1.2.3.6 Disposición general de equipos en los edificios de control en los portales y en el Túnel.** El Contratista deberá suministrar e instalar todos los

tableros de distribución de baja tensión y las celdas para los transformadores de servicios auxiliares, completos con interruptores, barrajes, equipos y accesorios, como sea requerido para el buen funcionamiento de los equipos y la continuidad del servicio del sistema eléctrico de los edificios en los portales y en los Nichos de tableros en el interior del Túnel. El Contratista deberá someter a aprobación los planos con la disposición física de los tableros y los equipos instalados en cada celda de acuerdo con los diseños detallados desarrollados por Él.

Todas las celdas de cada tablero serán acopladas eléctrica y mecánicamente, incluyendo las celdas de los transformadores y seccionadores donde sea requerido.

#### **1.2.4 Transformadores de potencia**

**1.2.4.1 Objeto y alcance.** En este numeral se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, ensamble y pruebas en fábrica, suministro, montaje en el sitio, pruebas y puesta en servicio de los transformadores de potencia completos con protecciones y accesorios, que deberán ser suministrados para el Proyecto Conexión Vial Aburra-Oriente de acuerdo con estas especificaciones.

Las características de los transformadores deberán ser seleccionadas por el Contratista de acuerdo con las características de las fuentes de alimentación y las cargas a ser conectadas a cada transformador. La capacidad de los transformadores deberá ser verificada por el Contratista de acuerdo con las cargas reales que se instalaran en el proyecto, teniendo en cuenta que se suministrarán equipos para una segunda etapa y dejando una reserva del 20 % para otro tipo de cargas adicionales

Los términos escritos y utilizados en forma singular para un solo transformador deberán igualmente aplicarse a cada uno de las demás transformadores, a menos que se establezca, en cada caso en particular, en forma diferente.

El suministro de los transformadores de potencia comprende los siguientes:

**a. Portales Occidental y Oriental del Túnel**

- Dos Transformadores de potencia para instalación exterior, trifásico, sumergidos en aceite, con refrigeración natural tipo ONAN, de 1,25 MVA , relación 13,2/0,48 kV reductor, completo con sus accesorios.
- Cuatro Transformadores de potencia, para instalación exterior, trifásicos, sumergidos en aceite, con refrigeración natural tipo ONAN, de 300 kVA, relación 13,2/0,22 kV reductor, completo con sus accesorios, para los tableros de distribución a 220/127 V.
- Dos transformadores de distribución, para instalación interior, trifásicos, tipo seco, vaciados en resina epóxica, con refrigeración natural tipo AN, de 300 KVA, relación 480/220-127 V, reductores, completos con sus conectores y accesorios, para el tablero de distribución a 220V c.a
- Dos transformadores de distribución, para instalación interior, trifásicos, tipo seco, vaciados en resina epóxica, con refrigeración natural tipo AN, de 112,5 KVA, relación 220/208-120 V, reductores, completos con sus conectores y accesorios, para el tablero de distribución a 208 V c.a

**b. Nichos de tableros al interior del Túnel**

- Seis transformadores de distribución de, para instalación interior, trifásicos, tipo seco, vaciados en resina epóxica, con refrigeración natural tipo AN, 160 KVA, relación 13,2/0,22 kV, reductores, completos con sus conectores y accesorios, para el tablero de distribución a 220 V.

**1.2.4.2 Características generales.** Los transformadores de potencia serán utilizados como fuentes de alimentación de los equipos en los portales del Túnel y en los Nichos de tableros a lo largo del Túnel. Los transformadores serán diseñados para trabajar correctamente en los sitios de instalación en el proyecto, considerando las condiciones de humedad, temperatura y altura sobre el nivel del mar de cada sitio.

Los transformadores sumergidos en aceite se instalarán a la intemperie. Los transformadores tipo seco serán instalados en cubículos, para instalación interior

tal como se describió en los tableros de baja tensión en el numeral 1.2.3 de estas especificaciones.

**1.2.4.3 Normas.** El diseño y la fabricación de los transformadores deberá cumplir con las partes aplicables de la última edición de las siguientes normas:

ICONTEC	"Transformadores - Compendio" Tomos 1 y 2"
ANSI C-57	"Distribution, Power and Regulating Transformers"
DIN 42523	"Encapsulated - Winding dry - Type Transformers"
IEC 76	"Power transformers"
IEC 137	"Bushings for alternating voltages above 1 000 V"
IEC 726	"Dry - Type power transformers"
NEMA-TR-27	"Comercial, Institutional and Industrial Dry - Type Transformers"
NEMA - TR-1	"Transformers, Regulators and Reactors"

El Contratista podrá utilizar otras normas para la fabricación de los transformadores que sean equivalentes a las relacionadas anteriormente, con la aprobación previa por parte de La Sociedad Concesionaria.

El Contratista deberá suministrar transformadores y accesorios de diseño eléctrico y mecánico apropiados, que garanticen su operación para las condiciones de servicio y características de cada sistema.

El Contratista deberá someter a aprobación de La Sociedad Concesionaria las características de los transformadores antes de su fabricación.

**1.2.4.4 Diseño y construcción de transformadores sumergidos en aceite.** Estos transformadores serán para instalación exterior, sumergidos en aceite, con refrigeración natural ONAN, con radiadores que permitan la operación a plena carga del transformador, con cambiador de derivaciones sin carga y demás accesorios.



**Núcleos.** Los núcleos serán construidos de acero al silicio, de grano orientado de la más alta calidad, laminado en frío, de características invariables con el tiempo y especialmente adecuado para el fin propuesto. Las características de este acero se fundamentarán principalmente en la siguiente norma: ASTM A-725-1975 "Flat rolled, grain oriented silicon iron, electrical steel, fully processed types 27H076, 30H083, 35H094". Los núcleos serán armados cuidadosamente y serán aprisionados rígidamente para evitar el desplazamiento de las hojas y también para reducir a un mínimo las vibraciones en las condiciones de operación. La estructura de fijación será construida de modo que se reduzcan al mínimo las corrientes parásitas.

La estructura del núcleo será puesta sólidamente a tierra para evitar potenciales electrostáticos.

Se deben suministrar ganchos u otros dispositivos para levantar el núcleo y las bobinas, cuando se realicen labores de reparación y mantenimiento.

Los transformadores serán diseñados y ensamblados en tal forma que el promedio del ruido debido a la operación y a los accesorios no excedan el valor indicado en la norma NEMA-PUB No. TR-1.

**Devanados.** Los materiales y el sistema de ensamblaje de los devanados deberán cumplir las condiciones que se adapten en la mejor forma a la aplicación particular. El aislamiento deberá ser clase A. Se deberá dar una consideración adecuada a todos los factores de servicio, tales como alta resistencia dieléctrica y mecánica del aislamiento, características de las bobinas y restricciones mínimas para la libre circulación del aceite. Las bobinas serán diseñadas y construidas teniendo en cuenta las expansiones y contracciones debidas a los cambios de temperatura; además poseerán rigidez para resistir el movimiento y la distorsión producidas por condiciones de operación anormales. El terminal del neutro del transformador deberá ser aislado de la estructura del transformador y del sistema de tierra del núcleo.

Se proveerán barreras adecuadas entre los devanados y el núcleo y entre los devanados de alta y baja tensión. Los extremos de las bobinas deberán tener protección adicional contra disturbios. Los devanados y las conexiones deberán asegurarse en tal forma que soporten los choques que pueden presentarse durante el transporte. Los conductores de las bobinas serán de cobre, instalados y adecuados para reducir las pérdidas por corrientes de Eddy. Los transformadores serán aptos para soportar, térmica y dinámicamente, las

corrientes de cortocircuito debidas a cualquier tipo de falla. En el diseño, la construcción y el tratamiento de los devanados y su montaje en el núcleo se emplearán los últimos adelantos para la fabricación de las bobinas para transformadores y se adaptarán a la mejor práctica moderna. Los devanados de los transformadores en aceite deberán ser de cobre.

**Tanques y herrajes.** El tanque y la tapa de los transformadores serán de acero de bajo contenido de carbón, su unión se realizará mediante bridas adecuadas; los empaques serán fabricados en material elástico y hermético al aceite. Todas las juntas tendrán soldadura doble. La cubierta poseerá uno o varios orificios de inspección. El tanque será lo suficientemente fuerte para resistir una presión interna continua de  $0,7 \text{ kg/cm}^2$ , sin que sufra deformación permanente. Los pernos utilizados en el transformador deberán ser fabricados de un material o tener un tratamiento resistente a la corrosión para ser instalados a la intemperie.

Se deberán suministrar guías dentro del tanque, para orientar el núcleo y los devanados cuando sean introducidos o sacados del mismo. Se suministrará un espacio amplio en el fondo del tanque para la recolección de sedimentos.

Se suministrarán pernos y placas para anclar el transformador en su puesto, ganchos de ojo para permitir arrastrar horizontalmente el transformador, apoyos para gatos y ganchos para alce apropiado para manipular el transformador completo con aceite. Los transformadores deben estar equipados con ruedas de acero para su movilización, las cuales deben estar diseñadas de tal manera que puedan ser rotadas 90 grados sobre sus pivotes y puedan rodar sobre canales metálicos. Deberán soldarse, al tanque o a la base del transformador, dos terminales diametralmente opuestos para conectar cables de cobre para puesta a tierra, calibre 2/0 AWG.

Los transformadores estarán equipados con válvulas a prueba de goteo, aceite caliente, presión de aire y de aceite para las siguientes funciones:

- Llenado y vaciado del tanque
- Muestra del aceite
- Conexión superior e inferior para el filtro prensa
- Escape del aire desde el tanque cuando el transformador está siendo llenado de aceite.



- Válvulas a cada lado del relé Buchholz ( Para transformadores iguales o mayores de 750 kVA)

**Enfriamiento natural.** Los transformadores estarán provistos de un sistema de enfriamiento natural, el cual está constituido básicamente por radiadores, adosados al tanque principal.

Los radiadores serán diseñados para resistir las condiciones de presión y vacío del tanque. También estarán diseñados en tal forma que sean accesibles para limpiarlos y pintarlos, que eviten la acumulación de agua en las superficies exteriores y eviten la formación de depósitos de gas cuando el tanque está siendo llenado. Los radiadores deberán ser removibles e idénticos y las conexiones al tanque deberán tener empaque resistente al aceite. Cada radiador deberá tener una argolla para izarlo, una válvula de drenaje en el fondo, un tapón de alivio en la parte superior y válvulas para removerlos del tanque sin necesidad de sacar de servicio el transformador.

**Aceite.** El aceite deberá ser suministrado bajo las normas ASTM y será suficiente para el llenado del tanque, radiadores, tanque de expansión y bujes hasta el nivel adecuado. Se empleará aceite mineral puro, no inhibido obtenido por destilación fraccionaria del petróleo, preparado y refinado para usarlo en transformadores, libre de humedad, ácidos, álcalis y compuestos sulfurados. El aceite no formará depósitos bajo condiciones de operación.

**Tanque conservador.** Los transformadores iguales o mayores a 750 kVA estarán provistos de un tanque apropiado que permita la expansión del aceite y su capacidad no deberá ser inferior al 10% de la capacidad del tanque del aceite total del transformador.

La respiración del transformador se hará por medio de este recipiente en serie con un desecador de aire lleno de gel de sílica, localizado en tal forma que permita supervisión desde el piso.

El conservador será conectado a la cubierta del tanque principal por un tubo con bridas sobre el cual se localiza el relé Buchholz, en medio de 2 válvulas de aislamiento.

El conservador estará provisto de dos válvulas, una para conectar el equipo de tratamiento de aceite y otra de muestreo, además deberá tener un indicador de

nivel visible desde el piso con acoplamiento magnético y con contactos de alarma para nivel de aceite máximo y mínimo.

**Cambiador de derivaciones sin carga y sin tensión.** Los transformadores estarán equipados con un cambiador de derivaciones en el devanado de alta tensión del tipo de operación sin carga y sin tensión, su accionamiento será externo, mediante una manivela localizada a una altura y distancia adecuadas para operarlo desde el piso.

El sistema tendrá una indicación mecánica local de su posición y medios para bloquearlo en la posición deseada.

**Bujes.** Todos los bujes (pasatapa) serán del tipo exterior, de porcelana, fabricados con procedimiento húmedo, homogéneos y libres de cavidades u otras imperfecciones. El esmaltado será de color uniforme y libre de burbujas, quemaduras u otros defectos. Todos los bujes tendrán una resistencia a la falla por perforación mayor que el valor de descarga en seco.

Los bujes para la misma tensión serán intercambiables entre ellos.

Todas las superficies de los contactos de los terminales externos deberán ser estañadas o cubiertas con plata pura, libre de cobre.

**Accesorios.** Los transformadores de estarán equipados con los accesorios normales indicados en la norma NTC 2622 del ICONTEC. Los transformadores con capacidad igual o superior a 750 kVA tendrán adicionalmente los siguientes accesorios:

- Termómetro del tipo dial para medición de temperatura del aceite, incluyendo el elemento sensor, con contactos de alarma y disparo adecuados para la tensión de los circuitos de control y manecilla indicadora de máxima temperatura.
- Indicador de nivel de aceite montado en el tanque conservador, tipo magnético, equipado con contactos de alarma para nivel máximo y mínimo, y adecuado para los circuitos de control.
- Relé Buchholz con dos flotadores, sensible a la acumulación de gas y sobrepresión, que accionará dos contactos de alarma y dos de disparo adecuados para una tensión de 120 Vc.a. Este relé dispondrá de válvulas de aislamiento a ambos lados para permitir su desmontaje.

- Válvula de sobrepresión o dispositivo de alivio de presión localizada sobre el tanque del transformador, adecuado para proteger el tanque contra explosiones internas. Deberá ser suministrado con dos contactos adecuados para la tensión de los circuitos de control.
- Dispositivos de secado de aire a base de Sílica-gel, ubicados para tener fácil acceso.
- Placa de características, la cual deberá construirse en acero inoxidable o aluminio y cumplir con las normas, estar escrita en español y se colocará en una posición tal que sea visible desde el piso. La placa de características deberá cumplir la última edición de las normas NTC 618 del ICONTEC.

Los accesorios eléctricos deberán ser cableados a una caja de terminales montada en cada transformador y deberán ser conectados a borneras individuales aisladas para 600 V, adecuadas para cable calibre No. 12 AWG. Tanto el cableado como las borneras deberán tener marquillas de identificación.

**1.2.4.5 Diseño y construcción de transformadores secos.** Los transformadores serán para instalación interior, trifásicos, secos, con embobinados encapsulados en resina epóxica al vacío, autorrefrigerados (sin refrigeración forzada). Los transformadores tipo seco serán instalados en las celdas para transformadores especificadas en el numeral 1.2.3 y por lo tanto deberán ser completamente coordinadas para sus dimensiones, ventilación, conexiones y demás requisitos requeridos para el correcto funcionamiento de los transformadores y los tableros.

**Devanados.** Las bobinas que conforman los devanados de estos transformadores serán compactas, construidas con las previsiones que eviten las contracciones y expansiones ocasionadas por los cambios de temperatura.

Los devanados de alta tensión serán fabricados con derivaciones, claramente identificadas, convenientemente localizadas. Las derivaciones serán cambiadas removiendo las uniones atornilladas de un punto de conexión a otro. Entre los devanados de alta tensión y entre ellos y el núcleo se colocarán separadores o barreras que mantengan estos elementos en su posición adecuada.



La resina epóxica utilizada en los transformadores deberá ser impregnada al vacío, del tipo no venenoso, no contaminante, biodegradable y con los tratamientos que la hagan inalterable por la luz ultravioleta.

Los materiales aislantes usados serán clase F o mejor, inatacables por hongos, no producirán gases tóxicos por calentamiento o incendios; su elevación de temperatura no excederá un incremento de 95°C en promedio. Este valor se obtiene corrigiendo en 5°C el incremento de temperatura establecido en la norma, lo anterior debido a que la temperatura ambiente es superior a la condición máxima de temperatura anual (20°C) indicada en la norma.

El terminal del neutro de los devanados deberá ser aislado de la estructura del transformador y del sistema de tierra del núcleo.

Se deberán instalar sensores de temperatura tipo resistencia en los tres devanados cuya localización será recomendada por el fabricante, para detectar la temperatura de los devanados, con contactos eléctricamente independientes para alarma y disparo, con temperatura de operación ajustable y adecuados para una tensión de servicio de 120 Vc.a. Adicionalmente se deberá instalar en cada transformador un termómetro para permitir la lectura permanente de la temperatura y un transductor con salida de 4-20 mA para repetición remota de la misma señal. Excepto para los transformadores de servicios misceláneos.

**Núcleo.** El núcleo magnético será fabricado en lámina de acero de grano orientado, del tipo de bajas pérdidas, laminado en frío, de la mejor calidad, adecuado para esta aplicación y no debe sufrir cambios en sus características con el paso del tiempo. El acero a usar será en láminas delgadas, adecuadamente recortadas, las cuales después de ser partidas en tamaños apropiados, deben poseer superficies lisas en sus bordes, además serán libres de rebabas, salientes, quemaduras y proyecciones puntiagudas, aisladas en ambos lados, y serán cuidadosamente ensambladas y aprisionadas rígidamente para evitar su desplazamiento durante el transporte y reducir al mínimo las pérdidas y vibraciones durante la operación.

Los núcleos se pondrán sólidamente a tierra. Se dispondrán argollas para el levantamiento del núcleo y las bobinas; la remoción de las bobinas podrá realizarse en el campo; el núcleo será cubierto con una capa de laca con base en resinas para protegerlo de la corrosión antes de colocarle las bobinas.

Los transformadores deberán ser diseñados y ensamblados de tal forma que el nivel de ruido no exceda el valor indicado en la norma NEMA PUB No. TR-1 para los transformadores en aceite y en la norma DIN 42523 tabla 2 para los transformadores secos.

**Instalación.** Los transformadores serán montados en el interior del gabinete respectivo, sobre perfiles metálicos (rieles guía) instalados en la base de las celdas.

*dp* **Accesorios.** Además de los elementos indispensables para su adecuada operación, cada transformador deberá suministrarse con los siguientes accesorios adicionales:

- Cambiador de derivaciones para operar en condiciones de vacío y sin tensión.
- Termómetros digitales, con contactos de alarma, disparo e indicación de máxima temperatura y señal de salida de 4-20 mA, completos, con los detectores requeridos. (No aplica a los transformadores de 112.5 kVA con relación 220/208-120V).
- Relé de sobrecarga
- Placa de características técnicas en español, de acuerdo con la última publicación de la norma NTC 3654.
- Argollas de alce y de tiro y salientes para gateo.
- Medios para conexión a tierra el núcleo y el neutro.
- Conexiones a borneras equipadas con marquillas de identificación de los dispositivos de protecciones.
- Ruedas orientables.
- Trencillas de cobre flexibles para los terminales de fases y neutro de los transformadores de tipo seco de baja tensión de 300 kVA.

Los accesorios eléctricos deberán ser cableados a borneras individuales, aisladas a 600 V, adecuados para el cable calibre No. 12 AWG. Tanto el cableado como las borneras deberán tener marquillas de identificación.



**1.2.4.6 Características eléctricas.** Las características eléctricas de los transformadores deben ser determinadas por el Contratista de acuerdo con las características del sistema donde serán instalados, siguiendo las recomendaciones de las normas sobre transformadores.

Todos los transformadores deberán tener una conexión delta-estrella, con la conexión delta en el lado de alta tensión. Los neutros de todos los transformadores deberán ser conectados al sistema de puesta a tierra del Túnel.

**a. Transformadores sumergidos en aceite**

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| • Tipo   | Sumergido en aceite         |
| • Refrigeración  | ONAN                        |
| • Número de fases  | 3                           |
| • Frecuencia asignada, Hz  | 60                          |
| • Neutro   | Sólidamente puesto a tierra |
| • Derivaciones   |                             |
| - Localización   | Devanado de alta tensión    |
| - Límites  | ±2 x 2,5%                   |
| • Impedancia referida a 75°C de temperatura del devanado y sujeta a las tolerancias establecidas por la norma, % | Según norma<br>ICONTEC      |
| - Devanado de alta tensión   | 110                         |
| - Devanado de baja tensión   | 45                          |
| - Buje de alta tensión   | 110                         |
| - Buje de baja tensión   | 45                          |
| - Buje de neutro   | 45                          |
| • Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (60 Hz), Kv   |                             |
| - Devanado de alta tensión   | 34                          |
| - Devanado de baja tensión   | 10                          |
| • Límites de elevación de temperatura de los devanados, °C.  |                             |
| - Devanados, medida por el método de la resistencia.   | 65                          |
| - Parte superior del aceite, medido por termómetro.  | 60                          |



### **b. Transformadores tipo seco**

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| • Tipo   | Seco, encapsulado en resina epóxica |
| • Refrigeración  | AN                                  |
| • Número de fases  | 3                                   |
| • Frecuencia asignada, Hz  | 60                                  |
| • Conexión   |                                     |
| – Devanado de alta tensión   | Delta                               |
| – Devanado de baja tensión   | Estrella                            |
| • Grupo de conexión  | Dyn5                                |
| • Neutro   | Sólidamente puesto a tierra         |
| • Derivaciones   |                                     |
| – Localización   | Devanado de alta tensión            |
| – Límites  | ±2 x 2,5%                           |
| • Impedancia referida a 75°C de temperatura del devanado y sujeta a las tolerancias establecidas por la norma, % | Según norma ICONTEC                 |
| • Tensión máxima asignada del sistema, kV  |                                     |
| – Devanado de alta tensión   | 15                                  |
| – Devanado de baja tensión   | 1,1                                 |
| • Tensión asignada soportada al impulso atmosférico (BIL), kV cresta   |                                     |
| – Devanado de alta tensión   | 95                                  |
| – Devanado de baja tensión   | 10                                  |
| • Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (60 Hz), kV   |                                     |
| – Devanado de alta tensión   | 34                                  |
| – Devanado de baja tensión   | 3                                   |
| • Nivel de ruido máximo, dB  | De acuerdo con la norma             |
| • Límites de elevación de temperatura de los devanados, °C.  | 95                                  |

Los transformadores que alimentan a los tableros de distribución de 480 V c.a deben ser diseñados para soportar los diferentes niveles armónicos que se puedan presentar en el barraje de baja tensión, por lo tanto la selección del factor

K debe ser coordinado con el suministro de los correspondientes variadores de velocidad y del equipo corrector de armónicos asociado, de tal forma que garantice una correcta operación de los transformadores, sin sobrecargarse y sin presentar ruidos o sobrecalentamientos. Adicionalmente deberán cumplir con lo estipulado en la norma IEEE Std 519 de 1992 o en su versión más reciente relacionada con los límites permisibles tolerables por los equipos conectados en sistemas eléctricos con presencia de armónicos.

De igual forma los transformadores conectados a los tableros de distribución a 220 Vc.a que alimentan los sistemas de alumbrado de los portales y del Túnel deberán diseñarse teniendo en cuenta los índices de armónicos que serán generados por los reactores de las luminarias seleccionadas, por consiguiente deberá seleccionarse un factor K apropiado que garantice un correcto funcionamiento del transformador.

Las pérdidas garantizadas para los transformadores deben ser inferiores a las permitidas en las normas y deben estar dentro del margen de tolerancia establecido por las mismas. Los transformadores que no cumplan con estas características serán rechazados y deberán ser fabricados nuevamente por cuenta del Contratista sin costo adicional para La Sociedad Concesionaria.

## **1.2.5 Esquemas de control de los equipos eléctricos principales**

**1.2.5.1 Objeto y alcance.** En este numeral se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, ensamble y pruebas en fábrica, suministro, montaje en el sitio y puesta en servicio de los sistemas de control para los Equipos Eléctricos Principales que deberán ser suministrados para el Proyecto Conexión Vial Aburra - Oriente de acuerdo con estas especificaciones. Los equipos de control serán integrados y formarán parte de los tableros donde se encuentren los equipos a controlar y su costo debe ser incluido en el de los tableros, como un todo, en el precio cotizado para cada tablero.

Las características de los equipos deberán ser seleccionadas de acuerdo con las características de las fuentes de alimentación disponibles en el sitio de instalación.

**1.2.5.2 Descripción general.** Para la operación automática de las transferencias se tendrán sistemas de control automáticos instalados en cada tablero, los cuales realizarán las funciones indicadas en las secuencias de control descritas más adelante. Las secuencias de control se efectuarán con

controladores lógicos programables (CLP), cuando no se especifiquen otros elementos.

Los controladores lógicos programables (CLP), serán alimentados a 120 Vc.a, 60 Hz tomados de transformadores de control instalados en el tablero.

El Contratista deberá realizar las conexiones eléctricas entre los Equipos Eléctricos Principales y los equipos pertenecientes al Sistema de Señalización, Supervisión y Control del Túnel, para los cuales existen Unidades Terminales Remotas dispuestas para la recolección de las señales de alarma y de estado de los equipos. Adicionalmente el Contratista deberá coordinar con el suministro de los equipos de Señalización, Supervisión y Control, la forma como se realizara esta interconexión, bien sea por cable físico o por enlace serial, para ello deberá realizar las correspondientes tablas de Interconexión y suministrar el cable para realizar dicha conexión. El cable a suministrar para esta conexión deberá ajustarse a lo estipulado en el numeral 1.2.8 de estas especificaciones y los equipos deberán acondicionarse para reproducir las señales solicitadas.

**1.2.5.3 Normas.** Los documentos de las secuencias de control deberán ser desarrollados teniendo en cuenta lo especificado en la norma IEC 848 "Preparation of function charts for control systems". Los equipos deberán cumplir con las partes aplicables de la última edición de la norma NEMA ICS-2 "Standard for Industrial Control Devices, Controllers and Assemblies".

#### **1.2.5.4 Esquemas de control de los equipos de maniobra**

**Tablero de distribución a 13,2 kV en los portales Occidental y Oriental.** El Contratista deberá suministrar un sistema de control automático con base en un controlador lógico programable (CLP) para el tablero de distribución a 13,2 kV que se localizara en el portal Occidental y similarmente en el portal Oriental del Túnel, el cual deberá realizar todas las funciones necesarias para asegurar la máxima continuidad en el servicio bajo las diferentes configuraciones del sistema, con base en la disponibilidad del suministro de potencia de los diferentes alimentadores controlando los interruptores propios del tablero.

El tablero de distribución a 13,2 kV, localizado en el portal Occidental tiene un alimentador proveniente de la subestación Miraflores y el tablero localizado en el portal Oriental el alimentador proviene de la subestación Córdoba.

El Tablero de distribución a 13,2 kV del portal Occidental, se interconectara con el tablero de distribución a 13,2 kV del portal Oriental, mediante dos circuitos a 13,2 kV en cable aislado, que se llevara a lo largo del interior del Túnel, y del cual se derivaran los alimentadores de las tres subestaciones localizadas en los de tableros Nichos 1, 2 y 3 a lo largo del Túnel.

Los interruptores del tablero de distribución a 13,2 kV son motorizados, extraíbles y tienen un selector para colocarlos en servicio o fuera de servicio, dejándolos conectados o desconectados de la secuencia de control automática.

El sistema de control deberá incluir los enclavamientos eléctricos para evitar que los interruptores de los circuitos de alimentación se encuentren cerrados simultáneamente.

Las transferencias entre los diferentes alimentadores del tablero deberán ser comandadas básicamente por la acción de los relés de baja tensión dispuestos en los alimentadores y en las barras, de acuerdo con lo indicado en los planos.

Durante la operación normal, cada tablero a 13,2 kV será alimentado desde el alimentador proveniente de las respectivas subestaciones Miraflores y Córdoba para los correspondientes portales Occidental y Oriental, el cual se considerará como alimentador principal. los demás interruptores de los tableros deberán estar normalmente cerrados con excepción de los dos interruptores que realizan la interconexión entre los portales, los cuales se tiene previsto que no operen en forma paralela, por lo tanto se deberá garantizar que cada circuito de interconexión solo estará conectado en un extremo a través de un interruptor, mientras en el otro extremo el interruptor permanecerá en la posición abierto.

En caso de falla del alimentador principal en el portal Occidental detectada por el relé de baja tensión del alimentador, se deberá producir la apertura del interruptor del alimentador fallado y el sistema de control deberá dar la orden de cierre al interruptor del circuito de interconexión No. 2 que proviene del portal Oriental. De igual forma en caso de falla del alimentador principal en el portal Oriental detectada por el relé de baja tensión del alimentador, se debe producir la apertura del interruptor del alimentador fallado y el sistema de control deberá dar la orden de cierre al interruptor del circuito de interconexión No. 1 que proviene del portal Occidental.

Cuando el tablero de distribución esté en operación a través de los circuitos de interconexión del portal opuesto y la tensión del alimentador principal sea restablecida, el sistema de control automático deberá conmutar el suministro de



energía desde el alimentador del portal opuesto al alimentador principal después de un tiempo ajustable entre dos y cinco minutos, para asegurar que la tensión del alimentador a transferir es estable. El sistema de control deberá cerrar el interruptor del alimentador principal, verificando que no haya tensión en el barraje a conectar y dar la orden de apertura del alimentador de interconexión. Cuando operen las protecciones de sobrecorriente del alimentador principal del tablero no deberá producirse conmutación alguna.

El sistema de control automático deberá realizar las funciones mencionadas anteriormente y otras funciones no descritas específicamente bajo estos documentos, las cuales deberán tenerse en cuenta para la continuidad del servicio en el tablero a 13,2 kV. El esquema final de control deberá ser sometido a aprobación de La Sociedad Concesionaria.

En el tablero a 13,2 kV habrá para cada interruptor un selector operado manualmente con llave para colocarlo fuera de servicio para propósitos de mantenimiento, el cual deberá eliminar este alimentador de la secuencia de control. Cuando uno de los interruptores se encuentre en las posiciones "desconectado", "prueba" y "extraído", en el sistema de control se deberán incluir las previsiones requeridas para que se elimine el correspondiente interruptor de la secuencia de control.

El control automático deberá ser suministrado con los contactos auxiliares necesarios para la señalización local y remota. La señalización local deberá ser hecha en el anunciador de alarmas del tablero a 13,2 kV.

El sistema de control deberá prever una operación manual de los interruptores para cuando el controlador lógico programable se encuentre fuera de servicio, por medio de los selectores de abrir-cerrar de cada interruptor, conservando los enclavamientos necesarios para evitar la conexión simultánea de alimentadores al barraje. Para el cierre de los interruptores se debe verificar que el alimentador tenga tensión y que no exista tensión en el barraje a conectar.

**Tablero de distribución a 480 V c.a. en los portales Occidental y Oriental.** El Contratista deberá suministrar un sistema de control automático con base en controladores lógicos programables (CLP) individuales para el conjunto de interruptores del tablero de distribución principal a 480 V c.a., para las alimentaciones a las cargas, los cuales deberán realizar todas las funciones necesarias para asegurar la máxima continuidad del servicio de las cargas asociadas al tablero. Para la transferencia de los alimentadores del tablero el Contratista debe suministrar un sistema de control automático con base en un

controlador lógico programable (CLP) el cual deberá realizar todas las funciones necesarias para asegurar la continuidad del servicio en el tablero, con base en la disponibilidad del suministro de potencia de los diferentes alimentadores durante todo el tiempo.

El tablero de distribución a 480 V c.a tendrá dos alimentadores principales provenientes del tablero de distribución a 13,2 kV conectados a través de dos transformadores de potencia, de los cuales solo se instalara un transformador en la primera etapa del proyecto y el otro transformador en la segunda etapa. El tablero también contara con dos alimentadores de emergencia provenientes de dos plantas diesel, una se instalara en la primera etapa del proyecto y la otra planta se suministrara en la segunda etapa.

El tablero de distribución a 480 V c.a se deberá suministrar con los dos interruptores para los dos circuitos provenientes de los transformadores de potencia, de los cuales solo entrara en operación un solo interruptor, el otro quedara como reserva hasta que se suministre el segundo transformador. Para el caso de los interruptores de emergencia provenientes de las plantas diesel, solo se suministrara e instalara un interruptor para la planta diesel que se instalara en la primera etapa, el segundo interruptor se suministrara e instalara en conjunto con la segunda planta diesel, el cual se acoplara al barraje del tablero de distribución a 480 V c.a. El Contratista deberá tener en cuenta estas condiciones para elaborar la secuencia de control y deberá dejar las provisiones para la correspondiente complementación de la secuencia de control para la segunda etapa del proyecto.

Los alimentadores provenientes de los transformadores de potencia serán considerados como principales y los alimentadores derivados desde las plantas diesel serán considerados como alimentadores de emergencia.

El sistema de control deberá incluir los enclavamientos eléctricos para evitar que los interruptores de los circuitos de alimentación principal y los de emergencia se encuentren cerrados simultáneamente. Las transferencias entre los diferentes alimentadores del tablero deberán ser comandadas básicamente por la acción de los relés de baja tensión dispuestos en los alimentadores y en las barras, de acuerdo con lo indicado en los planos.

En caso de falla del alimentador principal detectada por el relé de baja tensión del alimentador se debe producir la apertura del interruptor del alimentador fallado y el sistema de control deberá dar la orden de arranque de la planta diesel correspondiente al alimentador de emergencia y deberá ordenar la apertura de

todos los interruptores de los circuitos de salida; con la señal de operación de la planta diesel y las señales de tensión y frecuencia, el sistema de control del tablero debe ordenar el cierre del interruptor del alimentador de emergencia verificando que no se tenga tensión en el barraje y que el interruptor del otro alimentador se encuentre abierto; posteriormente y en secuencia temporizada deberán cerrarse los interruptores correspondientes a las cargas derivadas del tablero. Cuando la planta diesel sea sobrecargada un 5% de la capacidad nominal de trabajo continuo se debe dar una alarma en el anunciador de alarmas del tablero a 480 V c.a y si la sobrecarga es superior al 10% se deben eliminar cargas del tablero abriendo de menor importancia para la continuidad de la operación del Túnel

En caso de operación de las protecciones propias de los transformadores de potencia asociados a los alimentadores del tablero, se deberá producir la transferencia de los alimentadores posterior a la apertura de los interruptores de 13,2 kV y de 480 V c.a, de tal forma que garantice que el transformador queda aislado del tablero de distribución.

Cuando la planta diesel esté en operación y la tensión del alimentador principal sea restablecida, el sistema de control automático deberá conmutar el suministro de energía desde el alimentador de emergencia al alimentador principal después de un tiempo ajustable entre dos y cinco minutos, para asegurar que la tensión del alimentador a transferir es estable. El sistema de control deberá cerrar el interruptor del alimentador principal, verificando que no haya tensión en el barraje a conectar y dar las órdenes de apertura del alimentador de emergencia y enviar la señal de paro de la planta diesel, la cual permanecerá en funcionamiento en condiciones de vacío durante un período de tiempo determinado por el sistema de control de la planta.

Cuando operen las protecciones de sobrecorriente de los alimentadores principal o de emergencia del tablero no deberá producirse conmutación alguna.

El sistema de control automático deberá realizar las funciones mencionadas anteriormente y otras funciones no descritas específicamente bajo estos documentos, las cuales deberán tenerse en cuenta para la continuidad del servicio en el tablero de distribución a 480 V c.a. El esquema final de control deberá ser sometido a aprobación de La Sociedad Concesionaria.

También deberán instalarse todos los elementos requeridos para el arranque remoto de la planta diesel desde el tablero de distribución a 480 V c.a.



El Contratista deberá dejar habilitado la secuencia de control para el segundo alimentador principal, esto es, cuando la falla sea detectada simultáneamente en ambas alimentadores del tablero se debe esperar un tiempo antes de abrir los interruptores del tablero a 480 V c.a. para permitir que se efectúen las transferencias de los alimentadores del tablero a 13,2 kV. En caso de falla por cortocircuito entre fases o tierra detectado por el dispositivo de estado sólido previsto en cada interruptor, se debe abrir el interruptor correspondiente y no se debe producir transferencia alguna hasta que la falla haya sido despejada

El control automático deberá evitar transferencias innecesarias en los niveles inferiores (480 V c.a) por fallas o pérdidas de tensión en los niveles superiores (13,2 kV). Esto es, la temporización de los relés de baja tensión para realizar las transferencias en los tableros de 480 V c.a deberá ser superior al requerido para realizar las transferencias en el tablero a 13,2 kV.

Para cada interruptor deberá disponerse un selector operado manualmente con llave para colocarlo fuera de servicio para propósitos de mantenimiento, y adicionalmente para eliminar al interruptor de la secuencia de control. Con el propósito de no alterar las secuencias de control cuando uno de los interruptores se encuentre en las posiciones "desconectado", "prueba" y "extraído", en el sistema se deberán incluir las previsiones requeridas para que se bloquee o se elimine de la secuencia de control el correspondiente interruptor.

El control automático deberá ser suministrado con los contactos auxiliares necesarios para la señalización local y remota. La señalización local debe darse en los anunciadores de alarmas del tablero de distribución a 480 V c.a.

El sistema de control automático deberá realizar las funciones mencionadas anteriormente y otras funciones no descritas específicamente bajo estos documentos, las cuales deberán tenerse en cuenta para la continuidad de servicio de los alimentadores de los diferentes tableros. El esquema final de control deberá ser sometido a aprobación de La Sociedad Concesionaria.

El sistema de control deberá prever una operación manual de los interruptores para cuando el controlador lógico programable propio de cada transferencia se encuentre fuera de servicio, por medio de los selectores abrir-cerrar de cada interruptor, conservando los enclavamientos necesarios para evitar la conexión simultánea de los interruptores asociados a los alimentadores principales y los alimentadores de emergencia.

**Tablero de distribución a 220 V c.a. en los portales Occidental y Oriental.** El Contratista deberá suministrar un sistema de control automático con base en un controlador lógico programable (CLP) para el tablero de distribución a 220 V c.a. localizados en el portal Occidental y Oriental, el cual deberá realizar todas las funciones necesarias para asegurar la máxima continuidad del servicio con base en los alimentadores del tablero.

El tablero de distribución a 220 V c.a. tendrá tres alimentadores uno proveniente del barraje del tablero de distribución a 13,2 kV , otro del circuito de interconexión entre portales a 13,2 kV, ambos alimentadores considerados como alimentadores principales, y un alimentador de emergencia derivado del tablero de distribución a 480 V c.a, los cuales alimentan un barraje común a través de interruptores de potencia de baja tensión extraíbles.

Las transferencias entre los diferentes alimentadores del tablero deberán ser comandadas básicamente por la acción de los relés de baja tensión dispuestos en los alimentadores y en las barras, de acuerdo con lo indicado en los planos.

Los alimentadores provenientes del barraje de 13,2 kV y del circuito de interconexión entre portales serán considerado como alimentadores principales, y el sistema de control automático conectara al barraje el alimentador que primero se encuentre disponible con las condiciones nominales para operación .

Durante la operación normal el tablero principal a 220 V c.a. será alimentado desde uno de los alimentadores principales, y los interruptores de los otros alimentadores permanecerán en la posición abierta. En caso de falla del alimentador principal que se encuentre en servicio, el sistema de control automático debe realizar la transferencia al otro alimentador principal; en caso de que este alimentador también se encuentre fuera de servicio se debe dar la orden de cierre al interruptor del alimentador de emergencia que proviene del transformador alimentado desde el tablero de distribución a 480 V c.a. La temporización de esta transferencia debe estar coordinada con temporización las transferencias en los tableros de distribución a 13,2 kV y a 480 V c.a, para evitar conmutaciones innecesarias.

Cuando el tablero de distribución este alimentado a través del transformador de 300 kVA (T3) proveniente del tablero de distribución a 480 V, y la tensión de uno de los alimentadores principales sea restablecida, el sistema de control automático deberá conmutar el suministro de energía desde el alimentador de emergencia al alimentador principal después de un tiempo ajustable entre dos y cinco minutos, para asegurar que la tensión del alimentador a transferir es

estable. El sistema de control deberá cerrar el interruptor del alimentador principal, verificando que no haya tensión en el barraje a conectar y dar las órdenes de apertura del alimentador de emergencia. En caso de operación de las protecciones propias de los transformadores asociados a los alimentadores, se debe producir transferencia al alimentador disponible en el tablero.

El sistema de control deberá incluir los enclavamientos eléctricos para evitar que los interruptores de los tres alimentadores del barraje se encuentren cerrados simultáneamente.

Cuando operen las protecciones de sobrecorriente entre fases y falla a tierra detectadas por el módulo electrónico de protección instalado en cada interruptor no deberá producirse conmutación alguna.

Para los interruptores deberán disponerse selectores operados manualmente con llave para colocarlos fuera de servicio para propósitos de mantenimiento, los cuales deben eliminar de la secuencia de control el interruptor correspondiente. Cuando uno de los interruptores se encuentre en las posiciones "desconectado", "prueba" y "extraído", en el sistema se deberán incluir las previsiones requeridas para que se bloquee o se elimine el correspondiente alimentador de la secuencia de operación.

El control automático deberá ser suministrado con los contactos auxiliares necesarios para la señalización local y remota. La señalización local debe darse en el anunciador de alarmas del tablero de distribución a 480 V c.a.

El sistema de control deberá realizar las funciones mencionadas anteriormente y otras funciones no descritas específicamente bajo estos documentos, las cuales deberán tenerse en cuenta para la continuidad del servicio del sistema a 220 V c.a.

Los esquemas finales de control deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

El sistema de control deberá prever una operación manual de los interruptores para cuando el controlador lógico programable se encuentre fuera de servicio, por medio de los selectores de abrir-cerrar de cada interruptor, conservando los enclavamientos necesarios para evitar la conexión simultánea de alimentadores al barraje. Para el cierre de los interruptores se debe verificar que el alimentador tenga tensión y que no exista tensión en el barraje a conectar.



**Tablero de distribución a 220 V c.a. para los Nichos 1, 2 y 3 del Túnel.** El Contratista deberá suministrar un sistema de control automático con base en un controlador lógico programable (CLP) para los tableros de distribución a 220 V c.a. localizados en los Nichos No. 1, 2 y 3 a lo largo del Túnel, el cual deberá realizar todas las funciones necesarias para asegurar la máxima continuidad del servicio con base en los alimentadores del tablero.

El tablero de distribución a 220 V c.a. tendrá dos alimentadores uno proveniente del circuito No.1 de interconexión entre portales a 13,2 kV y el otro del circuito No.2 de interconexión entre portales a 13,2 kV, ambos se consideran como alimentadores principales los cuales se conectaran a través de transformadores de potencia a un barraje mediante interruptores de potencia de baja tensión extraíbles.

2) Las transferencias entre los diferentes alimentadores del tablero deberán ser comandadas básicamente por la acción de los relés de baja tensión dispuestos en los alimentadores y en las barras, de acuerdo con lo indicado en los planos.

El sistema de control automático conectara al barraje el alimentador que primero se encuentre disponible con las condiciones nominales para operación .

3) Durante la operación normal, el tablero de distribución a 220 V c.a. será alimentado desde uno de los alimentadores principales, que puede ser seleccionado mediante selector indicando si se conecta al circuito No.1 o al circuito No. 2 y el otro interruptor permanecerá en la posición abierta. En caso de falla del alimentador seleccionado principal que se encuentre en servicio, el sistema de control automático debe realizar la transferencia al otro alimentador seleccionado como respaldo; en caso de que este alimentador también se encuentre fuera de servicio se debe dar la señal de alarma hacia el sistema de control general del Túnel, para verificar las condiciones de operación de los tableros de distribución a 13,2 kV localizados en los portales.

4) La temporización de esta transferencia debe estar coordinada con temporización de las transferencias en los tableros de distribución a 13,2 kV localizados en los portales, para evitar conmutaciones innecesarias. de

5) Cuando el tablero de distribución este alimentado a través del circuito de interconexión seleccionado como respaldo y la tensión del alimentador seleccionado como principal sea restablecida, el sistema de control automático deberá conmutar el suministro de energía desde el alimentador de respaldo al alimentador principal después de un tiempo ajustable entre dos y cinco minutos,

para asegurar que la tensión del alimentador a transferir es estable. El sistema de control deberá cerrar el interruptor del alimentador principal, verificando que no haya tensión en el barraje a conectar y dar las órdenes de apertura del alimentador de respaldo. En caso de operación de las protecciones propias de los transformadores asociados a los alimentadores, se debe producir transferencia al alimentador disponible en el tablero.

El sistema de control deberá incluir los enclavamientos eléctricos para evitar que los interruptores de los dos alimentadores del barraje se encuentren cerrados simultáneamente.

Cuando operen las protecciones de sobrecorriente entre fases y falla a tierra detectadas por el módulo electrónico de protección instalado en cada interruptor no deberá producirse conmutación alguna y se deberá dar la alarma al sistema de control y protección del Túnel.

Para los interruptores deberán disponerse selectores operados manualmente con llave para colocarlos fuera de servicio para propósitos de mantenimiento, los cuales deben eliminar de la secuencia de control el interruptor correspondiente. Cuando uno de los interruptores se encuentre en las posiciones "desconectado", "prueba" y "extraído", en el sistema se deberán incluir las previsiones requeridas para que se bloquee o se elimine el correspondiente alimentador de la secuencia de operación.

El control automático deberá ser suministrado con los contactos auxiliares necesarios para la señalización local y remota. La señalización local debe darse en el anunciador de alarmas del tablero de distribución I a 220 V c.a.

El sistema de control deberá realizar las funciones mencionadas anteriormente y otras funciones no descritas específicamente bajo estos documentos, las cuales deberán tenerse en cuenta para la continuidad del servicio del sistema a 220 V c.a.

Los esquemas finales de control deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

El sistema de control deberá prever una operación manual de los interruptores para cuando el controlador lógico programable se encuentre fuera de servicio, por medio de los selectores de abrir-cerrar de cada interruptor, conservando los enclavamientos necesarios para evitar la conexión simultánea de alimentadores al



barraje. Para el cierre de los interruptores se debe verificar que el alimentador tenga tensión y que no exista tensión en el barraje a conectar.

## 1.2.6 Sistemas de potencia ininterrumpidos

**1.2.6.1 Objeto y alcance.** En este numeral se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, ensamblaje y pruebas en fábrica, embalaje, suministro, montaje en el sitio, pruebas y puesta en servicio de los sistemas de potencia ininterrumpido (UPS), para la alimentación de los sistemas de alumbrado, control y señalización del Túnel y de los edificios en los portales Oriental y Occidental y del Proyecto Conexión Vial Aburra - Oriente.

El suministro de los sistemas ininterrumpidos de potencia comprende los equipos descritos a continuación. Debe tenerse en cuenta que los valores mencionados son los mínimos requeridos y que por lo tanto el Proponente deberá ajustarse a estos valores de acuerdo con sus estándares de fabricación.

Este numeral comprende los siguientes equipos:

- Dos UPS (en configuración paralelo-redundante cada una) de 15 kW (mínimo) con tablero de distribución y baterías, trifásica 208/120 Vc.a. para los edificios de control en los portales Occidental y Oriental del Túnel
- Cinco UPS (en configuración paralelo-redundante cada una) de 100 kW (mínimo) con tablero de distribución y baterías, trifásica 220/127 Vc.a. para los edificios de control en los portales Occidental y Oriental del Túnel y para los Nichos de tableros No.1, No.2 y No.3 del Túnel.

**1.2.6.2 Características generales.** Cada uno de los sistemas suministrados deberá obedecer a una configuración paralelo-redundante, por lo tanto cada sistema consistirá de dos rectificadores/cargadores de baterías, dos inversores, un banco de baterías, dos interruptores estáticos, un suiche de transferencia estático y un gabinete de distribución, con sus instrumentos indicadores, elementos para protección y otros accesorios especificados y requeridos.

Todos los elementos que conforman las UPS, rectificadores/cargadores, baterías y suiches estáticos, deberán tener interruptores con señalización de su estado o posición en el sistema de alarmas y control, para aislar individualmente cada elemento en caso de falla o mantenimiento.



Para la alimentación de las UPS en los edificios de control de los portales Occidental y Oriental del Túnel y de los Nichos No.1, No.2 y No.3, se dispone de una fuente de con las siguientes características:

- Tensión Nominal 220V, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz
- Rango de variación de la tensión % -15% ,+10%
- Rango de variación de la frecuencia -2, +5%
- Corriente asignada, A Ver Planos

70 Los equipos proporcionarán continuamente y a su capacidad asignada, alimentación eléctrica en caso de falla del sistema de alimentación de corriente alterna, con un tiempo de autonomía de 60 min.

La operación de estos sistemas será continua, en línea (on-line), cada rectificador/cargador de baterías operará manteniendo la carga de las baterías y alimentando la carga total del inversor. Cada inversor se deberá dimensionar para suministrar la totalidad de la capacidad de la UPS. En condiciones normales de operación los dos inversores suministrarán la corriente a la carga de manera equilibrada. El sistema operará sin interrupción para suministrar la corriente alterna requerida. El sistema de control y supervisión del equipo deberá estar basado en microprocesadores.

70 En caso de falla de uno de los inversores, el otro inversor tomara la totalidad de la carga. Se deberá asegurar que el inversor en falla quede aislado del inversor en operación a través del interruptor estático respectivo. Los inversores deberán tener interruptores normales para aislarlos individualmente de la carga en caso de falla o mantenimiento.

En caso de falla de los dos inversores, la carga se alimentará directamente del sistema (Circuito by-pass) a través del suiche de transferencia: la operación de este suiche no se demorará más de 4 milisegundos y se hará de manera automática. El suiche estático operará si hay falla en los dos inversores, si la tensión de entrada falla o está fuera del rango de operación o debido a sobrecorrientes o a sobrecargas. El suiche estático también podrá ser operado manualmente, a voluntad del operador. En la conexión del suiche estático y el circuito by-pass de corriente alterna se colocarán interruptores no automáticos enclavados eléctricamente, los cuales se operarán manualmente cuando se



desea sacar de servicio el suiche estático sin que se presente interrupción del servicio de energía a la carga. Mediante osciladores maestros se mantendrá una sincronización automática entre la alimentación de los rectificadores y la salida de los inversores y entre los inversores.

En caso de falla del inversor, la carga se alimentará directamente del sistema a través del suiche estático, la operación de este suiche no se demorará más de 4 milisegundos y será automática cuando el inversor falla o si la tensión de entrada falla o está fuera del rango de operación; y manual, a voluntad del operador. En la conexión del suiche estático y el by-pass de corriente alterna se colocarán interruptores no automáticos, enclavados eléctricamente, los cuales se operarán manualmente cuando se desee sacar de servicio el suiche estático sin que se presente interrupción del servicio de energía a la carga. Mediante un oscilador maestro se mantendrá una sincronización automática entre la alimentación del rectificador y la salida del inversor.

Las UPS de 15 kW que se utilizaran para los sistema de control y señalización en el edificio de los portales Occidental y Oriental del Túnel, deberán suministrarse con un transformador reductor con relación 220/208-120 V c.a, instalado en el alimentador by-pass, que garantice el suministro del mismo nivel de tensión a las cargas que se alimentan de la salida del inversor. El Contratista deberá determinar la capacidad y características técnicas de este transformador, y los cálculos deberán ser sometidos a aprobación de La Sociedad Concesionaria.

**1.2.6.3 Normas.** El equipo propuesto deberá cumplir con las partes aplicables de la última versión de las siguientes normas:

ANSI/IEEE 944	"IEEE Recommended practice for application and testing of uninterruptible power supplies for power generating stations"
IEC 146	"Semiconductor Convertors"
IEEE 450	"Recommended practice for maintenance, testing, and replacement of large lead storage batteries for generating stations and substations".
IEC 478	"Stabilized power supplies DC output"

IEEE 484	"Recommended practice for installation desing and installation of large and lead storage batteries for generating stations and substations".
IEEE 485	"Recommended practice for sizing large lead storage batteries for generating stations and substations".
IEC 896	"Stationary lead - Acid batteries"
NEMA - ANSI PE-5	"Utility type battery chargers"

**1.2.6.4 Condiciones de operación.** Las UPS tendrán una capacidad asignada continua mínima de 15 kW y 100 kW operando a un factor de potencia de 0,80. La capacidad de sobrecarga será del 125% a un factor de potencia 1,00 durante 10 min y 150% a un factor de potencia 1,00 durante 30 s. Para condiciones de cortocircuito o sobrecargas mayores que las indicadas las UPS deberán estar protegidas con limitadores de corriente que aislen los inversores y transfieran el sistema a la conexión de by - pass mediante el suiche estático; el sistema debe retornar automáticamente a sus condiciones normales una vez pase la sobrecarga, siempre y cuando sus condiciones sean aceptables. El sistema deberá tener previsiones para que la transferencia se efectúe ante sobrecargas reales y evitar que se produzca con la presencia de picos altos de corriente producidos por cargas no lineales con factor de cresta de hasta 3.

En condiciones de carga estable, la tensión de salida de las UPS será un sistema trifásico, cuatro hilos, 220/127 Vca, 60 Hz, para las UPS de 100 kW y un sistema trifásico, cuatro hilos, 208/120 Vca, 60 Hz para la UPS de 15 kW, con una regulación de tensión máxima del 1% con carga estable y menor o igual a 5% durante aplicación súbita del 100% de la carga; esta tensión debe sincronizarse automáticamente con la de los alimentadores de los rectificadores/cargadores y del circuito en derivación. La frecuencia de esta tensión será de 60 Hz y podrá variarse en un rango de 0,5% del valor asignado.

La eficiencia entre la entrada y la salida será mayor del 80% para las UPS de 100 kW y 15 kW para cargas entre el 50 y el 100% de la capacidad asignada. El desplazamiento de fase con carga lineal balanceada, deberá ser menor de  $\pm 1\%$  con base en  $120^\circ$  y la distorsión armónica total de la tensión de salida debe ser menor del 3% para cargas lineales y menor del 10% para cargas no lineales del tipo fuentes conmutadas.



La distorsión armónica total de la corriente de entrada no podrá ser mayor del 10%; el factor de potencia de la entrada deberá ser 0,90 o mayor en condiciones nominales de potencia de salida y tensión de entrada.

Las frecuencias de salida de los inversores debe ser sincronizada con la frecuencia del circuito by pass y debe mantenerse dentro del  $\pm 1\%$ .

Las UPS se instalarán en los edificios de control de los portales Occidental y Oriental y en los Nichos 1,2 y 3 del Túnel. Las UPS que se instalarán en los edificios de control, estarán en recintos cuyas condiciones ambientales están adecuadas con equipos de acondicionamiento de aire, no obstante el Contratista deberá verificar si las condiciones de temperatura son adecuadas para su correcto funcionamiento. Las UPS que se instalarán en los Nichos del túnel deberán ser aptas para trabajar durante la operación normal del túnel cuyas condiciones ambientales están sujetas a los equipos de ventilación del túnel, en caso de pérdida de las fuentes de energía en ambos portales, incluyendo el suministro de energía con plantas diesel, las condiciones ambientales para esta contingencia llegan a una temperatura de 40 grados y una humedad relativa del 90 %. El Contratista deberá garantizar el normal funcionamiento de la UPS, sin afectar algún componente, para lo cual en el caso de que estas condiciones le sean desfavorables, deberá diseñar y suministrar un sistema de acondicionamiento de aire para mejorar estos parámetros.

**1.2.6.5 Características de construcción de las UPS.** Para facilitar las funciones de mantenimiento y reparación, los componentes de las UPS serán de tipo modular, las conexiones de todo el cableado externo serán realizadas a borneras terminales localizadas convenientemente en los gabinetes; el cableado interior de las UPS será realizado completamente en fábrica, usando conductores de cobre flexibles. Los gabinetes con los tableros de distribución deben cumplir con las especificaciones aplicables en la sección 1.2.3.

En el panel que incluye el diagrama mímico se tendrán, como mínimo las siguientes indicaciones:

- Posición del interruptor de las baterías.
- Exceso de temperatura.
- Fuente en línea.



- Fuente conectada a la batería.
- Fuente conectada al circuito en derivación (by-pass).
- Suiche estático en servicio.

Las UPS poseerán alarmas audibles y visuales con disponibilidad para dar señalización al sistema de control digital, de todas las alarmas generadas por medio de contactos libres de potencial, cableados a borneras; las alarmas incluirán pulsadores de cancelación.

#### 1.2.6.6 Detalles de los equipos

- **Rectificador/cargador de baterías.** Los rectificadores/cargadores suministrarán la tensión requerida para efectuar la carga de las baterías y la operación de los inversores; su capacidad será suficiente para que las UPS suministren la capacidad asignada y para cargar plenamente las baterías en un tiempo menor o igual a ocho (8) horas. Estos elementos deben poseer los circuitos y controles necesarios para proporcionar los ciclos de carga de flotación y de carga a las baterías, por un tiempo ajustable entre 1 y 12 horas.

Los alimentadores de cada rectificador/cargador de baterías deben poseer un interruptor automático de tipo termomagnético, con contactos auxiliares para indicación local y remota de la posición de alarma por disparo.

- **Baterías.** Se tendrá un banco de baterías por cada UPS, con una capacidad suficiente para que suministre la carga nominal de la UPS durante 60 minutos; adicionalmente deberán ser diseñadas para 1 200 ciclos de descarga del 100% de capacidad.

Las baterías deberán ser construidas específicamente para ser utilizadas en instalaciones de sistemas ininterrumpidos de potencia (UPS). Deberán soportar consumos de potencia altos en cortos periodos de descarga.

Las baterías deberán suministrarse ensambladas como parte del conjunto del sistema ininterrumpido de potencia, dentro de un gabinete y deberán ser de plomo ácido del tipo selladas libres de mantenimiento, con electrolito en forma de gel tixotrópico, con una vida útil igual o superior a 10 años. El diseño de las baterías deberá ser debidamente comprobado por varios años de uso.



En las UPS se debe incluir un interruptor automático en la conexión a las baterías, éste incluirá una bobina de disparo, relé de baja tensión y los contactos auxiliares requeridos, con el fin de desconectar las baterías cuando éstas llegan a su tensión final de descarga y proporcionar la señalización del estado o posición del interruptor al sistema de control.

- **Inversores.** Los inversores reciben la tensión de salida de los rectificadores/cargadores, o de las baterías, para convertir una potencia de un sistema de corriente continua a una potencia de un sistema de corriente alterna; su construcción será con elementos de estado sólido y contendrá los circuitos lógicos y de control necesarios. Se deberá incluir un oscilador que mantenga la frecuencia de salida dentro de los límites permitidos.

Se deben disponer filtros a la entrada de los inversores para aislar efectivamente las baterías de los transitorios ocasionados por la operación de los inversores.

- **Interruptores estáticos y Suiches estáticos**

- **Interruptores estáticos.** Cada UPS debe disponer de un interruptor estático el cual debe aislar el inversor de la carga que esta alimentando.

El interruptor estático hará la transferencia:

Por exceso de temperatura en uno de los dos inversores.

Si la tensión de salida de uno de los inversores cae por debajo de los límites indicados en la sección 1.2.6.4.

Si hay falla en el inversor respectivo.

Por orden manual.

El retorno de uno de los inversores a carga compartida con los dos inversores se hará cuando se despejen las condiciones de falla antes mencionadas o por orden manual, y este retorno deberá tener en cuenta el proceso de sincronización respectivo.

- **Suiche estático de transferencia al circuito en by-pass de c.a.** Cada UPS debe disponer de un suiche de transferencia estático el cual debe transferir automáticamente la alimentación de las cargas de los inversores al circuito en derivación (by-pass). En este circuito se debe incluir un interruptor termomagnético que opere en caso de fallas.

El suiche transferirá automáticamente la carga de los inversores al circuito de derivación (by-pass):

- Si la corriente de carga excede del valor de sobrecarga nominal del inversor, indicado en la sección 1.2.6.4.
- Si la tensión de salida del inversor cae por debajo de los límites indicados en la sección 1.2.6.4.
- Si hay falla en los dos inversores o en sus circuitos de control de frecuencia.
- Por exceso de temperatura en los dos inversores.
- Por orden manual.

La transferencia automática de carga del circuito en derivación (by-pass) al inversor será bajo las siguientes condiciones:

- Cuando la tensión de salida del inversor retorna a los límites normales.
- Cuando la corriente de carga se reduzca a los límites nominales del inversor.
- Por orden manual.

La operación del suiche se condicionará con la sincronización y ajuste de fase de la tensión de salida del inversor y del circuito en derivación; se tendrá una señalización local y otra remota para el sistema de control digital de la posición y operación del suiche estático.

El suiche estático debe operar automática y completamente antes que la frecuencia del inversor cambie por falla o por alarmas de operación del inversor.

El aislamiento del suiche estático para fines de mantenimiento se hará de la siguiente forma:

- Manual o automáticamente la UPS se pondrá en servicio de forma que las cargas sean alimentadas por by-pass del suiche estático.
- Manualmente se operarán los interruptores no automáticos del tipo de operación de cierre anterior a la apertura, de tal forma que se aisle el inversor y se cortocircuito el suiche estático.
- El suiche estático será operado manualmente para colocarlo fuera de servicio y luego será aislado.

**1.2.6.7 Controles e instrumentos.** Cada UPS debe incluir todos los controles, e instrumentos e indicaciones necesarios para la operación del sistema; un diagrama mímico indicará el estado y la operación de la UPS, éste estará localizado en la puerta de la celda, con diodos emisores de luz (LED).

Además de los controles mínimos cada UPS incluirá:

- Interruptor de alimentación de la UPS
- Interruptor de by-pass para el suiche estático
- Interruptor de by-pass para el conmutador de mantenimiento
- Interruptor para la conexión del banco de baterías.
- Conmutador para mantenimiento
- Suiches para iniciar y suspender la operación del inversor.
- Suiche para suspender la operación del suiche estático.

Todos los interruptores utilizados serán termomagnéticos del tipo caja moldeada.

Como elementos mínimos de vigilancia de las UPS se tendrán:

- a. Indicación de frecuencia a la salida de los inversores y en la entrada del circuito en derivación (by-pass).
- b. Indicación de corriente y tensión en el alimentador de los rectificadores/cargadores y en la salida del inversor.



- c. Indicación de tensión en la salida del rectificador, la entrada del inversor y en las baterías.
- d. Indicación de corriente de carga y descarga de las baterías.

Para la indicación de parámetros operacionales y de condiciones anómalas del sistema, se deberán suministrar las siguientes funciones:

- a. Disponibilidad de tensiones en los alimentadores.
- b. Disponibilidad del circuito en derivación (by-pass).
- c. Disponibilidad del inversor.
- d. Operación normal de inversor (sincronizado y ajuste en fase).
- e. Carga conectada a los inversores.
- f. Carga conectada al circuito en derivación.
- g. Bloqueo del suiche estático de transferencia.
- h. Alta y baja tensión de corriente continua.
- i. Exceso de temperatura.
- j. Sobrecarga en el inversor.
- k. Operación de la UPS con las baterías.
- l. Falla interna de la fuente.
- m. Interruptor de conexión de baterías abierto.

Las señales de las funciones anteriores serán indicadas con contactos libres de potencial y su señalización será tanto local como remota.

**1.2.6.9 Tableros de distribución.** Integrados al conjunto de las UPS se deberán suministrar los siguientes tableros de distribución secundaria:

- Dos tableros de distribución a 220V c.a, con los interruptores para alimentación de cargas de alumbrado de emergencia del portal del Túnel desde las UPS instaladas en los edificios de control de los portales Occidental y Oriental
- Dos tableros de distribución de 208 Vc.a, con los interruptores para alimentación de cargas de control y señalización desde las UPS instaladas en los edificios de control de los portales Occidental y Oriental.
- Tres tableros de distribución de 220 V, con los interruptores para alimentación de cargas de alumbrado, control y señalización desde las UPS instaladas en los Nichos No.1, No.2 y No.3 del Túnel.

*2/10* Los tableros y todos sus elementos deberán ser aptos para operar en el siguiente sistema:

- Tensión asignada de operación, V c.a
  - Para las UPS de 100 KW 220/127,3 $\phi$  ?
  - Para las UPS de 15 KW 208/120,3 $\phi$
- Tensión máxima asignada del sistema, V 240
- Tensión asignada soportada al impulso atmosférico (BIL), kV, pico. 10
- Tensión asignada soportada a frecuencia industrial (60 Hz), V. 2 200
- Corriente continua de la barra principal Ver Plano
- Corriente asignada de cortocircuito en barra Debe ser calculada por el Contratista
- Duración de la corriente asignada de cortocircuito, s. 1
- Corriente dinámica asignada de cortocircuito, kA pico. 2,5 veces la corriente asignada de cortocircuito.

Los tableros y los gabinetes de las UPS deberán ser construidos en láminas de un espesor de 2 mm, con puerta auxiliar para acceso a los equipos y a la operación de los interruptores y con capacidad amplia para permitir entrada y salida de cables por la parte superior. Las UPS deben ser diseñadas y fabricadas de tal forma que no requieran acceso por la parte posterior para su instalación, operación y mantenimiento y la entrada de cables será por la parte superior. El cerramiento de los tableros y los gabinetes de las UPS deberán ser mínimo tipo IP54 para las unidades que quedaran instaladas en los edificios de control en los portales Occidental y Oriental, y cerramiento IP54 para las unidades que quedaran en los Nichos 1, 2 y 3 del Túnel pero con filtros en las rejillas de ventilación.

Los interruptores de salida de los tableros de distribución deberán disponerse en dos filas verticales de tal forma que permitan por el centro la conexión a barras y por los ductos laterales independientes la conexión de cables de salida, para lograr así conectar o desconectar los cables de salida estando la celda en servicio.

Los interruptores para los tableros de distribución de las UPS de 100 KW serán tripolares del tipo caja moldeada con características similares a las especificadas en el literal c del numeral 1.2.3.5 de estas especificaciones. Todos los interruptores deberán poseer contactos auxiliares de posición y alarma cableados a borneras

Los interruptores para el tablero de distribución de la UPS de 15 kW serán monopolares tipo miniatura para montaje en riel con una corriente asignada de interrupción mínima de 10 kA, a 220 V c.a. Todos los interruptores deberán poseer contactos auxiliares de posición y alarma cableados a borneras.

En el frente de los tableros se deberán colocar placas de identificación para cada uno de los circuitos cuya leyenda deberá ser sometida a aprobación por La Sociedad Concesionaria

## **1.2.7 Plantas de emergencia**

**1.2.7.1 Objeto y alcance.** En este numeral se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, ensamble y pruebas en fábrica, suministro, montaje en el sitio, pruebas y puesta en servicio de las plantas generadoras diesel para el suministro de potencia de emergencia, completas con equipos auxiliares, sistema de arranque con baterías, control, interruptores y

accesorios que deberán ser suministrados como parte de los Equipos Eléctricos Principales para el Proyecto Conexión Vial Aburra-Oriente de acuerdo con estas especificaciones.

Esta parte del suministro deberá efectuarse de acuerdo con el conjunto de requisitos que se establecen en los Documentos de Contratación teniendo en cuenta, especialmente, la intención y el alcance fundamental de éstos en el sentido de obtener un suministro completo. En consecuencia, cualquier elemento, dispositivo, componente o accesorio que sea necesario para lograr que los demás componentes de las plantas diesel y las plantas diesel mismas como conjunto, puedan operar en forma satisfactoria, segura y confiable deberá ser considerado por el Contratista e incluido como parte del suministro, aunque no haya sido expresamente especificado. Así mismo las características de los equipos deberán ser seleccionadas de acuerdo con las características de las fuentes de alimentación y las cargas a ser conectadas a cada planta de emergencia.

Los términos escritos y utilizados en forma singular para una sola planta diesel deberán igualmente aplicarse a cada una de las demás plantas, a menos que se establezca, en cada caso en particular, en forma diferente.

Este numeral comprende los siguientes equipos:

- Una planta diesel de 900 KW (1125 KVA), a 480/277 V c.a, trifásica, factor de potencia 0,8 para el portal Occidental del Túnel.
- Una planta diesel de 900 KW (1125 KVA), a 480/277 V c.a, trifásica, factor de potencia 0,8 para el portal Oriental del Túnel.

**1.2.7.2 Características generales.** Las plantas generadoras diesel deberán ser un producto normalmente fabricado, producto de línea de un fabricante reconocido, vinculado regularmente a la producción de estos equipos que cumpla con las normas y lo requerido en estas especificaciones. Los conjuntos deberán ser nuevos, ensamblados y probados en fábrica y deberán ser suministrados completos con todos los accesorios requeridos para la operación satisfactoria y listos para su puesta en servicio. Los tanques de almacenamiento de combustible de las plantas, las tuberías para combustible entre el tanque de almacenamiento y el tanque diario de combustible, deberán ser incluidas en el suministro.

Los equipos deberán ser diseñados, construidos y protegidos para asegurar una larga vida de servicio continuo, cuando se operen bajo las condiciones ambientales encontradas en el trópico.

Las plantas generadoras deberán consistir de un motor diesel, directamente acoplado al generador, ambos montados sobre una base común de acero, de construcción rígida. Los pernos de anclaje, los aisladores para vibraciones y las lengüetas para el alce deberán ser suministrados por el Contratista y dispuestos donde sean necesarios. El acople entre el generador y el motor diesel deberá ser de un tipo flexible que proporcione un alineamiento seguro. Los tableros de control y de interruptores de las plantas diesel deberán cumplir con las partes aplicables del numeral 1.2.3 de estas especificaciones.

**1.2.7.3 Normas.** Las plantas generadoras diesel deberán cumplir con las partes aplicables de la última edición de las normas emitidas por las siguientes asociaciones, para materiales, diseño y pruebas:

ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
NFPA	National Fire Protection Association
DEMA	Diesel Engine Manufacturers Association
BS	British Standards Institution

Adicionalmente la planta generadora diesel y su equipo auxiliar deberán cumplir con las partes aplicables de la última edición de las siguientes normas:

NEMA MG1	"Motors and Generators"
NEMA LA-1	"Lightning Arresters"
NEMA 250	"Enclosures for electrical equipment (1000 Volts maximum)"
ANSI C50.10	"General Requirements for Synchronous Machines"
IEC-34	"Rotating Electrical machines"

IEC 225	"Electrical relays"
ANSI C57.13	"Instrument Transformers"
ANSI C39.1	"American Standard Requirements for Electrical Indicating Instruments"

**1.2.7.4 Condiciones de operación.** Las plantas diesel serán utilizadas para alimentar los tableros de distribución a 480V ubicados en los edificios de control de los portales Occidental y Oriental del Túnel. Ambas plantas serán instaladas en la plazoleta de los portales de acceso al Túnel.

La capacidad de la planta de emergencia indicada en los planos será suficiente para alimentar un ventilador de 400 kW que operara con variador de velocidad y también se conectara un transformador de 300 kVA para alimentar las cargas de alumbrado y servicios auxiliares de los edificios del Túnel. No obstante cualquier cambio en la capacidad de los equipos de ventilación deberá reflejarse en la respectiva selección de la capacidad de la planta de emergencia, el Contratista deberá verificar la capacidad y someterla a aprobación de La Sociedad Concesionaria.

*pp* / Las plantas serán utilizadas como alimentadores de emergencia en el tablero de distribución a 480 V.

La Planta diesel se debe suministrar con todos los elementos de control, protecciones e indicación necesarios para su operación.

La planta generadora diesel deberá ser conectada a través de un interruptor de potencia de bajo voltaje del tipo extraíble instalado en el tablero de distribución a 480 V en el edificio de control de los portales Occidental y Oriental del Túnel, como se indica en los planos. La planta diesel se debe suministrar con todos los elementos de control, protecciones e indicación necesarios para su operación.

*N* Aunque en los planos se muestra la conexión de dos plantas generadoras al tablero de distribución de 480 V en cada portal, el suministro para este proyecto será de una sola planta para cada portal. Sin embargo se deberá dejar las provisiones eléctricas para la conexión, señalización, control y sincronización con la segunda planta diesel, la cual se suministrara en una segunda etapa del proyecto la cual no hará parte de esta contratación.

La capacidad de cada una de las plantas generadoras diesel deberá estar prevista para operación continua del conjunto, y deberá ser equipada con todos los accesorios necesarios para operación, tales como: radiador, ventilador, filtros de aire, de aceite y de combustible, bomba para aceite de lubricación, bomba inyectora de combustible, bomba para agua de refrigeración, regulador de velocidad y regulador de voltaje.

El voltaje de salida de las plantas de emergencia deberá ser 480/277 V, 4 hilos, 3 fases, 60 Hz. Cada planta deberá ser provista con un dispositivo de control que permita arranque manual y automático. Para el arranque y paro automático de cada planta generadora, el sistema de control recibirá una señal remota proveniente del control del tablero de distribución a 480 V, especificados en los numerales 1.2.2 y 1.2.3 anteriores.

Cada Planta generadora deberá obedecer las siguientes condiciones de paro y alarmas:

- En caso de falla detectada por los relés de protección de la planta generadora se deberá producir el paro automático de emergencia, con alarmas visuales y audibles.
- En caso de falla en el regulador de velocidad, detectada por el dispositivo de sobrevelocidad, que pueda conducir al embalamiento del motor, se deberá producir un paro automático de emergencia, con alarmas visuales y audibles.
- Por bajo o alto nivel de combustible en el tanque de servicio diario, deberán darse las correspondientes alarmas visuales y audibles.
- En caso de baja presión de aceite, el motor deberá parar automáticamente y se deberán dar alarmas visuales y audibles.
- Cuando exista alta temperatura en el agua de las camisas del motor, el mismo deberá parar automáticamente y se deberán dar alarmas visuales y audibles.

Estas deberán darse también por fallas en el sistema de calentamiento de agua. Adicionalmente, deberán darse alarmas visuales y audibles por bajo nivel de agua en el circuito de refrigeración.



El funcionamiento automático programado (cada ocho o cada quince días) de la planta deberá anunciarse en su tablero de control por una alarma visual y audible, con antelación de 15 segundos antes del arranque.

Las señales de alarma de la planta diesel, deberá tener contactos auxiliares independientes cableados a borneras para señalización en el tablero de distribución a 480 V y en el sistema de control del Túnel. De igual forma deberán tener los contactos necesarios para señalización del estado de operación, posición de los selectores, interruptores, protecciones requeridas para el sistema de control remoto desde el tablero de distribución a 480 V y señalización en el sistema de control del Túnel.

Los equipos deberán ser diseñados para operar a las condiciones del sitio donde serán instaladas y deberán ser adecuados para ambientes húmedos y tropicales. Los equipos deberán cumplir con las especificaciones técnicas generales.

#### 1.2.7.5 Detalles de los equipos

- **Motor diesel.** El motor diesel deberá ser apropiado para trabajo severo ("heavy-duty"), del tipo de encendido por compresión, de varios cilindros, de eje horizontal, cilindros verticales en línea o tipo V, refrigerados con agua, ciclo de 4 tiempos (Cuatro carreras por ciclo), turbo-cargado, con válvulas superiores, sistema de arranque con baterías y equipado con una volante encerrada, uno o más filtros de aire de tipo seco o de tipo húmedo, cubiertas y los accesorios aquí especificados o requeridos. Motores de dos tiempos no son aceptados.
- **Capacidad.** La capacidad del motor deberá fundamentarse sobre la capacidad del conjunto, y para las condiciones del sitio de operación. El Contratista deberá presentar las curvas certificadas de la potencia del motor, mostrando la aprobación del fabricante respecto de la capacidad del motor para suministro de potencia de emergencia.
- **Velocidad.** La velocidad del motor no deberá exceder de 1800 min<sup>-1</sup> para operación normal a plena carga.
- **Combustible.** El motor deberá ser capaz de funcionar satisfactoriamente con combustible para motores diesel (ACPM), de las siguientes propiedades:



Gravedad API	35
Punto de inflamación, en °C, mín.	51
Viscosidad Cst/40°C	2,0 a 5,8
Índice cetánico, mín.	45
Azufre, % en masa, máx.	0,2
Cenizas, % en masa, máx.	0,2
Destilación	
Punto inicial de destilación, en °C, máx.	216
Porcentaje que destila a 300°C, mín.	50
Porcentaje que destila a 360°C, mín.	90
Punto final de destilación, en °C	390
Agua y sedimento, % en volumen, máx.	0,1
Poder calorífico kcal/kg	10.700

- **Regulador de velocidad.** La velocidad del motor deberá ser controlada por un regulador electrónico, el cual deberá mantener controlada la velocidad en un rango de 1,8 ciclos, con base en 60 ciclos para variaciones de la carga del generador desde vacío hasta plena carga. La frecuencia para cualquier carga constante, incluyendo la condición de vacío, deberá permanecer dentro de un ancho de banda de estado estable de más o menos 0,25% de la frecuencia nominal. La característica de operación del regulador deberá ser tal que permita obtener un comportamiento isocrónico. Para evitar embalamiento del motor en el evento de alguna falla en el regulador de velocidad, deberá suministrarse un dispositivo de sobrevelocidad el cual deberá producir un paro automático de emergencia, con alarmas visuales y audibles en el modulo electrónico de control protección y señalización.

El regulador de velocidad deberá ser inmune a la presencia de armónicos en la red generados por la operación de los variadores de velocidad de los ventiladores que alimentara a través de sistemas de rectificación 12 o 24 pulsos, por lo tanto el Contratista deberá garantizar que no se presentaran alteraciones en la frecuencia, ni vibraciones en el rotor del generador, cualquier equipo que sea necesario para corregir el efecto de los armónicos sobre el sistema de control de la frecuencia, deberá estar incluido dentro del suministro de la planta diesel. Para el diseño deberán tenerse en cuenta las recomendaciones de las normas IEC 1000-3, IEC 1800-3, IEC 555 y IEEE 519-1992

- **Sistema de combustible.** El sistema de combustible deberá incluir, el tanque de almacenamiento, los tanques de combustible de servicio diario,



bomba eléctrica para llenado del tanque de servicio diario, elementos filtrantes antes y después del tanque de diario, válvulas, tuberías y todos los accesorios requeridos para facilitar su mantenimiento. El sistema de combustible deberá tener para cada planta generadora, un separador de agua del combustible (trampa de agua) con los dispositivos necesarios para evitar que el agua presente en el sistema de combustible pase al motor y deberá ser instalado antes del tanque de combustible de servicio diario. Este dispositivo deberá tener válvulas para aislarlo de los tanques de combustible para mantenimiento, válvula de drenaje y deberá producir una alarma visual y audible cuando el nivel de agua sea alto y requiera su drenaje.

Todos los filtros de combustible deberán tener dispositivos para drenaje.

El tanque de combustible de servicio diario deberá ser montado en la base de cada planta diesel para proveer un suministro de combustible inmediato una vez arranque el motor. El tanque deberá equiparse bomba de combustible para el traslado de combustible entre el tanque de almacenamiento y el tanque de servicio diario de la planta, con flotador para el control automático de la bomba y para la señalización de bajo y alto nivel de combustible en el tanque. La capacidad del tanque de servicio diario deberá fundamentarse en que el suministro de combustible sea suficiente para un período no menor de dos horas de operación del motor a plena carga.

El tanque de almacenamiento será instalado en la plazoleta de cada portal del Túnel cerca de cada planta, sobre apoyos de concreto o metálicos, dentro de un muro perimetral de protección con capacidad para contener todo el combustible del tanque en caso que éste se dañe. Se deberá suministrar un tanque de combustible con capacidad suficiente para un período no menor de un día de operación continua de la planta a plena carga. Los tanques serán fabricados conforme a las normas API, serán cilíndricos, horizontales, con tapas torisféricas, sobre dos apoyos metálicos. Los tanques serán construidos de láminas de acero estructural ASTM A-36 o similar, integralmente soldado. La soldadura deberá ser ejecutada de acuerdo a normas de la AWS. Se le aplicará exteriormente protección de pintura anticorrosiva y de acabado, previa limpieza por chorro de arena al metal blanco.



El tanque llevará:

Respiradero.

Conexión de entrada de combustible no menor de 4" de diámetro, con tapón de fácil remoción.

Conexión de salida de combustible.

Conexión de purga con válvula de compuerta incorporada.

Control de nivel visual con válvulas, tubo de vidrio y protector para el mismo, y un contacto eléctrico para alarma por bajo nivel de combustible en el tanque. La señalización visual debe indicarse en centímetros y equivalente en litros.

Tuberías de interconexión.

Se considerará igualmente dentro del suministro, las líneas de alimentación y retorno de combustible hasta el tanque de servicio diario de cada grupo electrógeno, incluyendo una válvula de control tipo compuerta, un filtro y accesorios de interconexión.

- **Lubricación.** El motor deberá tener una bomba para aceite de lubricación, del tipo de engranaje, para suministrar aceite a presión para lubricación de los elementos del motor. El sistema de lubricación deberá incluir un enfriador de aceite y filtros de aceite del tipo de flujo completo, convenientemente localizados y con los accesorios requeridos para facilitar su mantenimiento.

Los filtros deberán ser equipados con un "by-pass" o circuito en derivación, activado por un resorte cargado, para asegurar la circulación de aceite en el eventual caso de que los filtros se lleguen a obstruir. En el sistema se deberán incluir adicionalmente los accesorios y equipos requeridos para la instalación de los detectores de presión de aceite y de temperatura. Cuando exista baja presión de aceite, el motor se deberá parar automáticamente y se deberán dar alarmas visuales y audibles.

- **Sistema de arranque.** El conjunto motor - generador deberá ser equipado con un sistema de arranque eléctrico, a 24 V c.c. con capacidad suficiente

para producir el arranque del motor. El sistema deberá ser suministrado completo con todos los componentes y accesorios, para la operación adecuada de la planta generadora diesel, incluyendo baterías, alternador para cargar las baterías, cargador estático de baterías, motor de arranque, accesorios y controles. Las baterías deberán ser del tipo de plomo ácido selladas, libres de mantenimiento, del tipo estacionario con la capacidad suficiente para un ciclo de arranque completo ("complete cranking cycles") de la planta generadora diesel como se define en estas especificaciones. El cargador estático de baterías, deberá ser automático, proporcionando una carga de flotación y una carga rápida a las baterías cuando estas no se encuentran sometidas a la carga por medio del alternador y con una capacidad mínima de diez amperios para mantener completamente recargadas las baterías. El sistema de 24 V c.c. deberá ser utilizado, adicionalmente, como fuente auxiliar para los circuitos de control y protección de la planta y sus accesorios.

- **Sistema de refrigeración.** El motor deberá ser suministrado con un sistema de refrigeración con capacidad suficiente para refrigerar el motor cuando la planta generadora diesel esté funcionando a la capacidad nominal bajo las condiciones de temperatura ambiente y de altitud indicados.

Para mantener el motor a un nivel de temperatura adecuado, éste deberá equiparse con una bomba de circulación de agua, del tipo centrífugo impulsada por el motor, y con las válvulas termostáticas que se requieran. Igualmente, en el sistema de refrigeración se deberán incluir calentadores para el agua, controlados termostáticamente, para asegurar el mantenimiento de la temperatura del agua en el bloque del motor entre 50 y 60 grados centígrados, para facilitar el arranque del motor.

El motor deberá equiparse con un radiador y un ventilador del tipo y capacidad recomendados por el fabricante de los mismos. Un protector rígido deberá encerrar las partes laterales y superior de todos los componentes en movimiento entre el motor y el radiador. Para adecuar la instalación de los radiadores con las paredes de las obras civiles, se deberán suministrar protectores flexibles que conduzcan efectivamente el aire caliente hacia el exterior. De igual forma deberá suministrarse un sistema de conducción del aire frío desde la parte superior de la loza hacia cada planta, para lo cual el Contratista deberá coordinar con la obra civil la instalación de rejillas de un área equivalente a la recomendada por el fabricante, este sistema deberá permitir el libre acceso de aire frío desde el exterior y deberá tener un drenaje para el agua que pueda entrar por las rejillas. Deberán



suministrarse los termóstatos, filtros de agua, y los accesorios que sean requeridos para una operación satisfactoria y para facilitar el mantenimiento. Cuando exista alta temperatura en el agua de las camisas del motor, el mismo deberá parar automáticamente y se deberán dar alarmas visuales y audibles. Deberán darse alarmas visuales y audibles para bajo nivel de agua y por fallas en el sistema de precalentamiento de agua en el circuito de refrigeración.

- **Sistema de gases de escape.** El motor deberá ser suministrado con un sistema de gases de escape con un silenciador adecuado, del tipo residencial. En el sistema se deberá incluir para cada salida de los gases de escape en el motor y en el silenciador un adaptador continuo y flexible. El sistema deberá incluir toda la tubería, las conexiones y los accesorios que se requieran para su instalación.
- **Controles.** El motor diesel deberá tener sus controles y los siguientes instrumentos de señalización cuidadosamente dispuestos en un panel de instrumentos: temperatura y presión del aceite, temperatura del agua, contador de tiempo de servicio y tacómetro. Además, un selector de control con las posiciones "Automático", "Desconectado" y "Manual" o "Prueba" y un juego de pulsadores arranque-parada.

El Contratista deberá suministrar los contactos eléctricos, libres de potencial, necesarios para las funciones de alarma visual y audible que serán instaladas en el anunciador del tablero de distribución a 480 V y en el sistema de control del Túnel.

- **Generador**

- **Capacidad.** El generador deberá ser sincrónico, a 480V, factor de potencia 0,8, 60Hz, trifásico, cuatro hilos, y su capacidad mínima deberá ser la indicada en los planos, en caso de que aumente la potencia de los equipos de ventilación, la nueva capacidad deberá ser determinada por el Contratista de acuerdo con las necesidades del proyecto.
- **Construcción.** El generador deberá ser del tipo sin escobillas (Brushless) y equipado con una excitatriz trifásica del tipo PMG. El conjunto deberá ser auto-ventilado, y acoplado, por medio de un acople flexible, directamente a la volante del motor. La carcasa del generador deberá atornillarse

directamente a la carcasa de la volante del motor y deberá tener un solo cojinete de bolas para soporte del rotor.

El generador deberá cumplir con la última edición de la norma NEMA MG1. El aislamiento deberá ser clase F, compatible con las condiciones del sitio de operación y con la norma mencionada anteriormente. El incremento de temperatura del rotor y el estator medido por el método de resistencia al voltaje nominal, deberá ser de 105°C para suministro de potencia de emergencia.

El generador se deberá suministrar con detectores de temperatura del tipo de resistencia, embebidos en el material aislante del devanado del estator, hechos de platino con una resistencia de 100 ohmios a 0°C y localizados de tal forma que detecten la temperatura de las partes más calientes del devanado.

La excitatriz, cuya tensión de salida deberá alimentar el devanado de excitación del generador deberá poseer generador de imán permanente (PMG), deberá incorporar un rectificador rotatorio de onda completa, trifásico, con diodos de silicio sellados herméticamente, del tipo metálico, y dimensionados para la condición máxima permisible de arranque de motores. Para proteger el circuito de diodos contra condiciones transitorias, se deberán conectar entre ellos protectores apropiados y normalizados contra ondas de impulso.

El rotor deberá ser balanceado dinámicamente hasta una sobrevelocidad del 25% y deberá ser impregnado con resinas compatibles con el aislamiento para darle resistencia contra la abrasión y la humedad. El cojinete del eje del rotor deberá ser del tipo encerrado, con provisiones para facilitar el mantenimiento a través de tubos de engrase que se deberán extender hasta el exterior de la carcasa del generador.

El cojinete deberá ser diseñado para una vida mínima B-10 de 40.000 horas.

El estator deberá ser hecho de acero de alto grado eléctrico (Electrical High Grade Steel), y el diseño del devanado deberá ser hecho de tal manera que la distorsión de la forma de la onda del tercer armónico sea eliminada. El devanado del estator deberá ser impregnado con resinas compatibles con el aislamiento para darle resistencia contra la abrasión y la humedad. La distorsión de la forma de onda por armónicos no deberá exceder del 5% del total del valor eficaz (R.M.S) medido línea a línea para la carga nominal.



El generador deberá ser suministrado con resistencias de calefacción, las cuales deben desconectarse cuando la planta se encuentre en operación.

El generador deberá ser suministrado con cajas terminales ventiladas, fijadas a la carcasa del mismo, para las conexiones eléctricas de potencia y control. Las cajas deberán tener entradas roscadas para tubos en la parte inferior y cubiertas con empaques.

Se deberá incluir un regulador de voltaje del tipo de construcción de estado sólido, con control por tiristores (SCR), sin partes en movimiento, y deberá controlar las tres fases del generador para proveer un buen funcionamiento para cargas eléctricas balanceadas o desbalanceadas. La regulación de voltaje del generador desde vacío hasta plena carga deberá permanecer dentro de una banda de más o menos dos por ciento (2%) del voltaje nominal, y la estabilidad de voltaje en estado estable deberá permanecer dentro de un rango de más o menos uno por ciento (1%) del voltaje nominal. El regulador deberá incorporar un dispositivo para ajuste de voltaje local que proporcione como mínimo un ajuste de voltaje de más o menos cinco por ciento (5%) del voltaje nominal.

Para el diseño del regulador de voltaje se deberá tener en cuenta que la planta generadora alimentara una carga no lineal, esto es un ventilador operado con variador de velocidad, el cual puede hacer que la carga varíe desde un 10% hasta el 100%, con la consecuente presencia de armónicos que pueden ser originados por el sistema de rectificación el cual puede ser de 12 o 24 pulsos, este valor debe ser confirmado con el suministro del sistema de ventilación para la adecuada selección del regulador de voltaje. El barraje de 480 V al cual se conectara la planta generadora podrá tener un sistema de corrección del factor de potencia y de armónicos, dependiendo de las características del suministro del equipo de ventilación los cuales se deberá tener en cuenta para evitar operaciones indeseadas de las protecciones de sobrevoltaje o de sobrecorriente cuando se presenten efectos por resonancia en los bancos de condensadores. Las medidas de corriente, de voltaje y del factor de potencia deberán hacerse en valores True rms

Las tarjetas de los circuitos impresos del regulador y los diodos y tiristores de control deberán ser herméticamente sellados para protegerlos contra la humedad.

- **Funcionamiento.** La regulación de frecuencia desde vacío hasta plena carga deberá variar de acuerdo con lo definido para el funcionamiento del regulador de velocidad del motor y la variación de frecuencia en estado estable no deberá exceder de más o menos 0,25%.

Para cualquier adición de carga hasta el 90% de la capacidad nominal, con un factor de potencia de 0,8, la caída de tensión no deberá exceder del 20% del voltaje nominal, el voltaje deberá recuperarse a la banda de voltaje de estado estable en no más que 1,5 segundos y la frecuencia deberá recuperarse a la banda de frecuencia de estado estable dentro de 5,0 segundos.

- **Equipos de control, protección y accesorios**

- **Tableros de control.** Cada planta diesel deberá ser suministrada con un tablero de control.

Los tableros deberán tener un cerramiento hermético al polvo y al agua, contruidos con láminas metálicas de un espesor mínimo de 2 mm, con cerramiento NEMA tipo 12, (IP43).

Los tableros deberán cumplir con las partes aplicables de los especificado en el numeral 1.2.3 de estas especificaciones y con los requisitos técnicos generales.

El tablero de control de cada planta diesel deberá ser una estructura, autoestable, conteniendo la unidad electrónica de control, protección, señalización y alarmas con base en microprocesador, equipo de protección, equipo de medida, pulsadores, selectores, lámparas de señalización, pulsador de paro de emergencia, transformadores de potencial y de corriente para medida, como sea requerido. Los transformadores de corriente para los circuitos de protección se deberán instalar en la caja de terminales del generador. En los tableros de control se deberán instalar un relé térmico (función 49) y un relé de sobrecorriente de falla a tierra ( función 51G)

El sistema automático de control de cada planta deberá estar constituido por una unidad electrónica, con base en microprocesador, que opere las funciones de arranque y parada de la planta y efectúe el control del motor diesel.

Este sistema deberá estar equipado con selectores y pulsadores que permitan seleccionar las funciones "Automático", "Desconectado" y "Manual" o "Prueba", pulsadores de arranque, paro y lámparas de señalización energizadas por los sistemas de seguridad. Para las funciones de control, protección, señalización y alarma se deberán multiplicar los contactos de los diferentes controles y protecciones que se instalen en el tablero de control de la planta diesel y cablearlos a borneras independientes libres de potencial, para propósitos de señalización remota.

La unidad electrónica de control deberá proporcionar en el modo de operación automático, un arranque automático de la planta cuando reciba la señal para arranque enviada del tablero de distribución a 480 V, previendo un ciclo de arranque ("cranking cycle") compuesto de mínimo cuatro arranques de 10 segundos y tres períodos de descanso de 15 segundos y la señalización correspondiente para indicar que el motor no ha arrancado después de haber terminado el ciclo de arranques. De la misma manera si las plantas diesel están en operación de emergencia el sistema de control automático del tablero de distribución a 480 V enviará una señal de parada de las plantas diesel, asociada a cada tablero, después de recibir esta señal de paro, el motor de la planta diesel deberá permanecer en funcionamiento en condiciones de vacío durante un período de tiempo programable que deberá ser definido por el fabricante del motor.

Para propósitos de mantenimiento, cada planta diesel deberá ser suministrada con un control de tiempo para arranque y parada automáticos. Este control deberá permitir graduaciones de tiempo de tal forma que la función de arranque pueda ser programada para cada ocho (8) o cada (15) días, y que el tiempo de operación pueda ser ajustado de 10 a 30 minutos. La operación en estas condiciones deberá ser en vacío, y efectuada en las posiciones "Automático" o "Manual" o "Prueba" del selector de control. El arranque periódico deberá incluir un selector para colocarlo manualmente fuera de servicio, no deberá operar cuando el motor se encuentre en servicio y su funcionamiento deberá anunciarse en el tablero de control de la planta diesel por una alarma visual y audible con antelación de 15 segundos antes del arranque.

En el modo de operación manual o prueba, la unidad electrónica de control deberá disponer de todos los pulsadores requeridos para que el operador pueda arrancar y parar la planta diesel y verificar el correcto funcionamiento.



La posición desconectado o de reposición deberá ser automáticamente preseleccionada al aplicar la tensión de control y en caso de operarse después de haber seleccionado cualquier otro modo de operación deberá producir el paro inmediato del motor, inhibir las órdenes remotas de arranque y paro, cancelar las indicaciones de falla y desbloquear la unidad de control.

- **Relés de protección.** El Contratista deberá seleccionar los relés de protección y realizar el estudio de coordinación de protecciones e indicar el ajuste que se debe dar a cada relé y someterlo a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

Se deberán instalar como mínimo los relés de protección que sean requeridos en estas especificaciones o se indiquen en los planos, con las características que se especifican a continuación:

Los relés serán de estado sólido, del tipo extraíble desde el frente del panel sin necesidad de desconexión de terminales y sin que se abran los terminales de los transformadores de corriente. Tendrán cubierta a prueba de polvo y se montarán a ras. Deberán poseer terminales que permitan efectuar pruebas sin necesidad de desconexión e indicadores externos de operación. Deberán ser fabricados y probados de acuerdo con la norma IEC 255.

Los relés deberán tener los contactos suficientes para llevar las señales de alarma y disparo requeridas para efectuar la apertura y/o el bloqueo de los interruptores asociados y la señalización remota; estos contactos deben estar cableados a borneras.

Las características eléctricas generales deberán ser las especificadas en el numeral 1.2.2 de estas especificaciones.

El Contratista podrá suministrar para cada planta diesel un equipo digital que realice, mediante el software apropiado, las funciones de protección de potencia inversa (función 32), relé de sobrecorriente, relé térmico (función 49), relé de pérdida de excitación (función 40), relé de baja frecuencia (función 81), relé de sobretensión (función 59) y relé de baja tensión con verificación de secuencia de fases (función 27).

Los relés deberán alimentarse de los devanados secundarios de los transformadores de tensión y corriente especificados e indicados en los planos.



Los relés contarán con el número de contactos suficientes para llevar las señales de alarma y control requeridas para efectuar la apertura del interruptor asociado a cada planta diesel y la señalización local y remota. Se deben prever contactos independientes para los relés de baja tensión que se requieran para el control. Los contactos para señalización remota deben ser independientes, libres de potencial y cableados a borneras.

- **Transformadores de instrumentos.** Los transformadores de corriente y potencial deberán cumplir con lo especificado en el numeral 1.2.3 de estas especificaciones.

La capacidad y la clase de precisión para los núcleos de medida y protección deberán estar de acuerdo con los circuitos alimentados por ellos y deberán ser determinadas por el Contratista teniendo en cuenta los relés e instrumentos que serán conectados. Estas características deberán estar sujetas a aprobación de La Sociedad Concesionaria.

- **Pararrayos.** Cada planta generadora diesel deberá ser suministrada con tres pararrayos, diseñados para usar en un sistema trifásico 480V, 60 Hz, con conexión de neutro efectivamente aterrizado y para montaje interior. Los pararrayos deberán ser montados en la caja de terminales del generador o en el tablero de control del generador. Los pararrayos deberán ser suministrados con terminales de línea y tierra.

## 1.2.8 Cables de fuerza y de control

**1.2.8.1 Objeto y alcance.** En esta sección se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica, ensamble en fábrica, suministro, montaje en el sitio y puesta en servicio de los cables para los circuitos de fuerza, control y sus accesorios, que deberán ser suministrados de acuerdo con estas especificaciones, para la interconexión de los equipos eléctricos del Proyecto Conexión vial Aburra-Oriente.

Esta parte del suministro deberá efectuarse de acuerdo con el conjunto de requisitos que se establecen en los Documentos de Contratación teniendo en cuenta, especialmente, la intención y el alcance fundamental de éstos en el sentido de obtener un suministro completo. En consecuencia, cualquier elemento, dispositivo, componente o accesorio que sea necesario para lograr la interconexión de los equipos y el montaje de los cables de fuerza y de control, así

como los cables mismos puedan operar en forma satisfactoria, segura y confiable deberá ser considerado por el Contratista e incluido como parte del suministro, aunque no haya sido expresamente especificado.

**1.2.8.2 Descripción general.** Los cables y sus accesorios serán instalados en los edificios de control en los portales Occidental y Oriental y en el interior del Túnel los cuales deberán ser aptos para las condiciones ambientales del sitio de instalación.

Los cables para los circuitos de potencia aislados a 15 kV, serán utilizados en las acometidas hacia los tableros de 13,2 kV en los portales, y en los circuitos de interconexión entre portales a lo largo del Túnel.

Los cables para los circuitos de fuerza aislados a 600 V serán utilizados en los circuitos de bajo voltaje de los Equipos Eléctricos Principales del Proyecto Conexión vial Aburra-Oriente. Estos sistemas tienen los siguientes circuitos de bajo voltaje.

- a. Circuitos de potencia, trifásicos, cuatro hilos, 60 Hz, 480/277 Vc.a.
- b. Circuitos de alumbrado, trifásicos, cuatro hilos, 60 Hz, 220/127 Vc.a.
- c. Circuitos de alumbrado y fuerza trifásicos, cuatro hilos, 60 Hz, 208/120 Vc.a.
- c. Circuitos de fuerza y control, monofásicos, tres hilos aterrizados, 120 Vc.a.

Los cables de control aislados a 600 V serán utilizados en un sistema de 120 Vc.a., 60 Hz, con neutro sólidamente aterrizado, para control, protección y señalización de los circuitos del Túnel.

Los cables para instrumentación serán utilizados para las señales análogas y señales de comunicación de los equipos de medida y control.

Los cables sin aislamiento (desnudos) serán utilizados para la conexión a tierra de las bandejas portacables previstas para los circuitos de fuerza y control.

Los cables serán instalados al aire libre en un sistema de bandejas portacables tipo escalera, en el interior de carcamos con paredes de concreto y en ciertos tramos en canalizaciones aéreas y subterráneas, por lo tanto deberán ser adecuados para esta aplicación y para instalación en lugares húmedos y secos.

**1.2.8.3 Normas.** Los cables para los circuitos de fuerza y de control y sus accesorios deberán cumplir con los requisitos aplicables de la última edición de las siguientes normas, en cuanto a materiales, diseño y pruebas o ensayos.

NEMA	Pub. No. WC5 "Thermoplastic-Insulated Wire and cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy" (ICEA S-61-402)
NEMA	Pub.No. WC7 "Cross-Linked-Thermosetting-Polyethylene-Insulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy" (ICEA S-66-524)
IEEE	Std. 422 "Guide for the Design and Installation of Cable Systems in Power Generating Stations"
AEIC	CS5 "Specifications for Thermoplastic and Cross linked Polyethylene Insulated Shielded Power Cables Rated 5 Through 35 kV"
ANSI/IEEE	Std.386 "Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600 V."
ASTM	Todas las normas aplicables
ICONTEC	NTC 2186 "Alambres y Cables Aislados con Polietileno Reticular Termoestable para Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica".
ICONTEC	NTC 188 "Codificación de colores para conductores Eléctricos"
ICONTEC	NTC 2744 "Cables de Instrumentación y Alambres para Termocupla"
ICONTEC	NTC 1099 "Alambres y cables aislados con Termoplástico para Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica"
ICONTEC	NTC 359 "Alambre de cobre blando o recocado"
ICONTEC	NTC 2050 "Código Eléctrico Nacional"



**1.2.8.4 Características de los cables.** Los cables para los circuitos de fuerza aislados a 15 kV deberán ser del tipo monopolar, fabricados con conductores de cobre de temple blando o recocido sin revestimiento y del tipo de trenzado concéntrico clase B, con capa semiconductor para blindaje del conductor, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) para medio voltaje, con capa semiconductor para blindaje del aislamiento, con alambres de cobre para apantallamiento, con cinta no metálica de un material no higroscópico y con chaqueta de PVC.

Los cables para los circuitos de fuerza aislados a 600 V deberán ser del tipo multipolar para conductores con calibres menores o iguales al No.2 AWG y del tipo monopolar para conductores con calibres mayores o iguales al No.1/0 AWG. Los conductores deberán ser fabricados con cobre de temple blando o recocido, sin revestimiento y del tipo de trenzado concéntrico clase B. Los conductores de los cables monopolares y multipolares deberán tener un aislamiento en PVC. Los conductores aislados de los cables multipolares deberán agruparse entre sí y enlazarse por medio de una cinta no metálica de un material no higroscópico, junto con los rellenos de PVC que se requieran para proporcionarle una sección circular al cable. Una vez agrupados y enlazados los conductores de los cables multipolares, se deberá disponer de una chaqueta común en PVC. Los cables deberán ser aptos para instalación en sistemas de bandejas portacables.

Los cables para los circuitos de control aislados a 600 V deberán ser multipolares. Los conductores deberán ser fabricados con cobre de temple blando o recocido, sin revestimiento y del tipo de trenzado concéntrico clase B, con aislamiento en PVC. Los conductores deberán agruparse entre sí, junto con los rellenos de PVC que se requieran para proporcionarle una sección circular al cable. Una vez agrupados los conductores se dispondrá de una pantalla formada por una malla de cobre estañado, de una cinta no metálica de material no higroscópico y de una chaqueta común de PVC. Los cables deberán ser aptos para instalación en sistemas de bandejas portacables.

Los cables para instrumentación, comunicaciones y señales análogas deberán cumplir con las características generales de los cables de control y los conductores deberán ser trenzados y agrupados por pares (Twisted). Los cables para instrumentación deberán tener, adicional a los cables agrupados por pares, un conductor de las mismas características de los demás conductores, con aislamiento color verde para conexión a tierra de los instrumentos.

Los cables sin aislamiento (desnudos) deberán ser fabricados con conductores de cobre de temple blando o recocido, sin revestimiento, del tipo trenzado concéntrico clase B.

**1.2.8.5 Características de los conductores.** Los conductores deberán ser de alambre de cobre de temple blando o recocido, sin revestimiento, del tipo de cableado concéntrico clase B y deberán cumplir con las provisiones aplicables de la última edición de las normas ASTM B3 y B8 e ICONTEC aplicables.

La resistencia ohmica de c.c. de los conductores y su tolerancia deberán cumplir con los valores indicados en las normas NEMA WC5 y WC7.

Los conductores deberán cumplir con las estipulaciones de la parte 2 - Conductores- de la norma NEMA WC 5 (ICEA S-61-402) y tener las características indicadas en la norma para cables con cableado clase B.

Los conductores no deberán exceder las tolerancias permitidas por las normas NEMA, para las características de los conductores.

**1.2.8.6 Requisitos para los aislamientos.** Los conductores de los cables para los circuitos de fuerza aislados a 15 kV deberán tener un aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y deberá cumplir los requisitos eléctricos, físicos y de envejecimiento establecidos en la norma NEMA WC7 (ICEA S-66-524). El espesor del aislamiento deberá cumplir con los requisitos de la norma WC 7, para un nivel de aislamiento del 133%.

En los cables para los circuitos de fuerza aislados a 15 kV se deberán utilizar blindajes sobre el conductor y sobre el aislamiento, de un material semiconductor compatible con el aislamiento y con el conductor y con características tales que tolere como mínimo las temperaturas de operación del aislamiento. El contratista deberá garantizar el correcto funcionamiento de estos cables en los circuitos de interconexión entre portales, los cuales irán dispuestos en carcamos, con la posibilidad de presencia de roedores, por lo tanto si el conductor requiere una protección mecánica adicional, deberá complementar el suministro y someter a aprobación de La Sociedad Concesionaria, cualquier modificación a lo que aquí se especifique.

Los conductores de los cables para los circuitos de fuerza y los circuitos de control aislados a 600 V, deberán tener un aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC) y deberá cumplir los requisitos eléctricos, físicos y de envejecimiento establecidos

en la norma NEMA WC-5 (ICEA S-61-402), para el cloruro de polivinilo, apropiado para utilización con temperaturas del conductor que no excedan 75 grados centígrados. El espesor del aislamiento, para los cables de los circuitos de fuerza y control aislados a 600 V deben cumplir con lo indicado en las normas ICEA-NEMA y no deberán ser menores al 90% de estos valores.

Para los conductores monopolares de los cables para los circuitos de fuerza, el espesor del aislamiento se deberá aumentar 0,38 mm (15 mils) al espesor del aislamiento indicado en las normas.

Los aislamientos de los conductores deberán tener los aditivos necesarios para obtener características de retardo a la llama (no propagación y autoextinción de la llama) bajo en producción de humos y deberán ser resistentes al ozono.

En los intersticios de los cables multipolares para los circuitos de fuerza y de control aislados a 600V, se deberán usar rellenos de cloruro de polivinilo (PVC) de las mismas características del aislamiento, donde sea necesario para dar a los cables terminados una sección transversal circular.

**1.2.8.7 Pantallas.** Los cables para los circuitos de fuerza aislados a 15 kV, deberán tener una pantalla metálica no magnética conformada por hilos de cobre recocido colocados helicoidalmente sobre el blindaje del aislamiento.

Los cables para los circuitos de control así como los cables para instrumentación deberán tener una pantalla de cobre, común, y deberá consistir de una malla metálica de cobre estañado aplicada sobre el conjunto de cables debajo de la chaqueta. El cubrimiento de la pantalla debe ser como mínimo el 90% del cable.

Estas pantallas metálicas deberán cumplir con los requisitos establecidos en las normas NEMA WC5 (ICEA S-61-402) e IEEE Std. 422.

**1.2.8.8 Chaquetas.** Las chaquetas deberán ser utilizadas como una cubierta de los cables, con el fin de protegerlos contra daños y para aislarlos del agua y otras sustancias. Deberán ser elaboradas con un compuesto de cloruro de polivinilo (PVC) que se ajuste completamente a los requisitos físicos y de envejecimiento establecidos en la norma NEMA WC-5 (ICEA S-61-402), y aplicarse sobre un separador de un material no-higroscópico compatible con los demás componentes de los cables.

El material de las chaquetas deberá tener los aditivos necesarios para obtener características de retardo a la llama bajo en producción de humos y ser



resistentes al ozono y deberán cumplir con los requerimientos del aislamiento para los cables aislados a 600 V y con los espesores dados en las tablas de la norma NEMA WC5 (ICEA S-61-402) para cada tipo de cable.

En los cables monopoles para los circuitos de fuerza aislados a 600V, la chaqueta deberá ser el mismo aislamiento, cuyas características se han especificado en el numeral 1.2.8.6 de estos documentos.

### 1.2.8.9 Identificación de los conductores

• **Identificación del cable.** El cable deberá ir adecuadamente marcado en la chaqueta o en el aislamiento en los cables monopoles con la impresión en sobrerrelieve de manera legible, al menos con la siguiente información:

- Nombre del fabricante.
- Tensión de aislamiento en kV.
- Clase de aislamiento.
- Número de núcleos.
- Sección de cada núcleo, AWG
- La Sociedad Concesionaria.

La separación entre el final de una marca y el comienzo de la otra no deberá exceder a 500 mm. El color de la chaqueta deberá ser negro.

**1.2.8.10 Identificación de los núcleos.** El aislamiento de los cables monopoles para los circuitos de fuerza aislados a 600 V deberá ser de color negro.

Los conductores de los cables multipolares para los circuitos de fuerza aislados a 600 V. deberán ser identificados por compuestos coloreados así:



**Tipo de cable**

**Color del aislamiento**

Cables tetrapolares  
Cables tripolares  
Cables bipolares

Blanco, Azul, Rojo, Negro  
Blanco, Azul, Rojo  
Blanco, Negro

Los conductores de los cables para los circuitos de control aislados a 600 V deberán ser identificados con el método uno (1) de compuestos coloreados con trazos, de acuerdo con los requisitos establecidos en la Parte 8 sección K.3.1, tabla K2 del anexo K de la última edición de la norma NEMA WC-7 aplicable a cables de control.

Los conductores de los cables para instrumentación aislados a 600 V deberán ser identificados con el método siete (7) de compuestos coloreados con trazos, de acuerdo con los requisitos establecidos en la parte 8 sección K.3.7, tabla K2 del anexo K de la última edición de la norma NEMA WC-7 aplicable a cables trenzados.

En los cables para los circuitos de fuerza, compuestos por más de cuatro conductores, éstos deberán ser identificados en la misma forma que los conductores para los cables de control.

**1.2.8.11 Terminales y empalmes para cables de media tensión.** Los terminales de frente vivo para los cables aislados a 15 kV, aislamiento XLPE, 133% especificados en estos documentos, deberán ser del tipo premoldeados para uso exterior e interior y deberán estar de acuerdo al sitio de instalación, estar constituidos básicamente de: cono de esfuerzo, módulos aislantes, conector, tapa sellante, adaptador de puesta a tierra de la pantalla y abrazadera para conexión a tierra.

Los conos, los módulos aislantes y los empalmes deberán ser moldeados con un compuesto de caucho especial de Etileno Propileno Dieno Modificado (EPDM) con el fin de proveer altas propiedades eléctricas y mecánicas, apto para instalación a la intemperie. Por cada terminal se deberán instalar el número de módulos aislantes suficientes, no menor de cuatro, para proveer una distancia de fuga adecuada para instalación del terminal a la intemperie.

Las características eléctricas de los terminales y de los empalmes deberán ser compatibles con las del aislamiento de los cables y adecuados para las características del sistema eléctrico donde serán instalados.

Los empalmes deberán ser diseñados para conectar los cables de los circuitos de fuerza aislados a 15 kV, especificados en estos documentos. Ellos deberán ser aislados totalmente, apantallados y sumergibles.

Los empalmes deberán ser conectores separables, con una característica de desconexión para ser usada solamente cuando el circuito está desenergizado.

Las partes receptoras y enchufables deberán tener las provisiones adecuadas para asegurar la continuidad eléctrica de los blindajes semiconductores del aislamiento del cable. También deberán ser suministrados los accesorios requeridos para asegurar la continuidad eléctrica de la pantalla metálica del cable. Los empalmes deberán tener una capacidad de corriente superior a la capacidad del cable.

**1.2.8.12 Sección de los conductores.** La sección de los conductores de los cables se determinará en función de las directivas siguientes:

Los cables aislados a 15 kV deberán tener un calibre mínimo de 2 AWG.

Para los circuitos de mando, señalización, protección, control, alarma e instrumentación la sección mínima será  $1.5 \text{ mm}^2$  (16 AWG). Además la sección será tal que la caída de tensión entre la fuente de alimentación y la carga no sobrepase el 3% en plena carga y con corriente de llamada (por ejemplo debido a las bobinas de los relés).

Para las señales análogas de instrumentación y de control la sección mínima será  $1.0 \text{ mm}^2$  (18 AWG).

La sección mínima de los conductores de circuitos secundarios de los transformadores de tensión será de  $4 \text{ mm}^2$  (12 AWG) para que la caída de tensión bajo carga, medida entre el transformador de tensión exterior y la llegada de la conexión con el bastidor de protección no sobrepase el 2/1,000 (dos por mil).

Los conductores de circuitos secundarios de los transformadores de corriente tendrán una sección que en el caso de corriente máxima de falla, la carga total del

cableado y de los aparatos no exceda la potencia de precisión del transformador de corriente. El calibre mínimo será de  $6 \text{ mm}^2$  (10 AWG).

Para los circuitos de alimentación en corriente alterna o continua, la sección de los conductores debe determinarse de manera que:

El calentamiento de los conductores no sobrepase  $75^\circ\text{C}$ , considerando la corriente de carga máxima y el tipo de instalación del cable en las condiciones de temperatura ambiente máxima.

La corriente debida a un cortocircuito franco, producido en el punto más alejado del cableado, provoque la apertura del interruptor.

El efecto térmico debido a la corriente más fuerte de cortocircuito que ocurrirá en el cable, sea compatible con la capacidad térmica del cable.

En los circuitos de alimentación entre tableros de distribución la caída de tensión no sobrepase del 2%.

En los circuitos de alimentación de los motores, de calefacción eléctrica y cualquier otro consumidor no mencionado en este artículo, la caída de tensión entre los tableros principales de los servicios auxiliares y la carga, no sobrepase del 3% para la plena carga y del 10% para la corriente de llamada debida al arranque de los motores.

El calibre mínimo para los circuitos de fuerza deberá ser  $4 \text{ mm}^2$  (12 AWG).

El Contratista deberá suministrar todos los terminales del tipo de compresión plateados, adecuados para los cables y los equipos a ser conectados, así como los terminales para los cables de media tensión. También deberá suministrar todos los elementos necesarios para la conexión a la malla de tierra de las pantallas de los cables.

El Contratista deberá verificar el calibre de los conductores de acuerdo con los criterios indicados anteriormente, las recomendaciones del Código Eléctrico Nacional (NEC - Norma NFPA 70) y de acuerdo con la capacidad de corriente, considerando la potencia de los equipos realmente suministrados. Los cálculos de los conductores deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria

**1.2.8.13 Embalaje.** El Contratista deberá suministrar los cables en carretes de madera o metálicos, de una estructura suficientemente fuerte que proteja los cables durante el almacenamiento, transporte, carga, descarga y todas las operaciones de instalación del conductor. El diámetro de los carretes deberá ser apropiados para el radio de curvatura de los cables y en ningún caso deberá tener un diámetro exterior menor que 30 veces el del cable. Los carretes deberán estar claramente marcados en ambas caras, indicando el número del carrete, tipo y cantidad de cable en el carrete, dirección de rotación del carrete y cualquier otra información adicional acerca del cable.

## **1.2.9 Bandejas portacables, tuberías y accesorios**

**1.2.9.1 Objeto y alcance.** En esta sección se especifican los requisitos técnicos exigidos para el diseño, fabricación, pruebas y ensamble en fábrica, suministro, montaje en el sitio y puesta en servicio del sistema de bandejas portacables y de las tuberías metálicas que serán utilizados en el Proyecto Conexión vial Aburra-Oriente, los cuales deberán ser suministrados de acuerdo con estos documentos.

Esta parte del suministro deberá efectuarse de acuerdo con el conjunto de requisitos que se establecen en los Documentos de Contratación teniendo en cuenta, especialmente, la intención y el alcance fundamental de éstos en el sentido de obtener un suministro completo. En consecuencia, cualquier elemento, dispositivo, componente o accesorio que sea necesario para lograr que los demás componentes del sistema de bandejas portacables, tuberías y accesorios y el sistema de bandejas portacables, tuberías y accesorios mismos, como conjunto, puedan operar en forma satisfactoria, segura y confiable deberá ser considerado por el Contratista e incluido como parte del suministro, aunque no haya sido expresamente especificado.

Los términos escritos y utilizados en forma singular deberán aplicarse a todos los elementos de los sistemas que deban ser suministrados, a menos que establezca, en cada caso en particular, en forma diferente.

**1.2.9.2 Descripción general.** Para el montaje de los cables de fuerza y control se deberá instalar un sistema de bandejas portacables y de tuberías tipo conduit, adecuadas para conductores eléctricos, con todos los accesorios necesarios para proteger adecuadamente los cables y permitir su instalación técnicamente.

El sistema de bandejas deberá ser continuo, conectado al sistema de conexión a tierra de la instalación. Todos los elementos deberán ser adecuados para su instalación en las condiciones ambientales de cada sitio.

El Contratista deberá suministrar, debidamente terminados y tal como se indica en estas especificaciones, los elementos metálicos galvanizados y los accesorios necesarios para el montaje del sistema de bandejas portacables y de las tuberías metálicas. El montaje de los elementos metálicos galvanizados y accesorios necesarios para la instalación del sistema de bandejas portacables y de las tuberías o conductos metálicos suministrados deberá ser realizado por el Contratista.

Las bandejas portacables deberán ser instaladas en soportes apoyados por debajo de las losas o muros y en los carcamos requeridos para la instalación de los cables. Se deberán disponer bandejas portacables independientes para fuerza y control, separadas de acuerdo con las recomendaciones de las normas. El suministro deberá incluir los soportes ménsulas y pernos para la instalación de las bandejas.

Las tuberías de acero galvanizado serán utilizadas para la instalación de los conductores, entre las bandejas y los equipos. Las tuberías deberán instalarse expuestas con todos los accesorios para soportarlas y deberán utilizarse conduletas metálicas galvanizadas para el halado de los conductores.

**1.2.9.3 Normas.** Todos los materiales deberán ser nuevos y de una calidad comercial normalizada de primer grado, libres de defectos e imperfecciones y, donde se indique, de las clasificaciones y calidades designadas.

Los materiales no designados específicamente en estos documentos deberán estar sujetos a aprobación y ser normalizados por las normas de la ASTM ("American Society for Testing and Materials") u otras normas equivalentes. Se utilizarán los siguientes materiales:

- Para miembros generales en el sistema de bandejas portacables: Acero estructural de acuerdo con la especificación ASTM A 36 "Standard Specification for Structural Steel"

- Para miembros con altos esfuerzos en el sistema de bandejas portacables: Acero estructural de acuerdo con la especificación ASTM A 441 "Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Manganese Vanadium Steel".
- Para pernos y tornillos de 1/2, 5/8, 3/4, 7/8 y 1 pulgada de diámetro: ASTM A 394 "Standard Specification for Galvanized Steel Transmission Tower Bolts".
- Para tuercas: ASTM A 563 "Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts".
- Para las tuberías o conductos. Las tuberías o conductos metálicos y sus accesorios deberán cumplir con las especificaciones ANSI de la serie C 80 "Conduits and Ducts" C 80.1 "Specification for Rigid Steel Conduit, Zinc-Coated, Hot Dip Galvanized", con la norma NTC 169 "Tubos de Acero tipo "IMC" recubiertos de cinc para la conducción y protección de conductores eléctricos" del ICONTEC.

**1.2.9.4 Diseño del sistema de bandejas portacables.** El Contratista deberá realizar un diseño detallado de todos los elementos del sistema de bandejas portacables de acuerdo con la última edición de las normas IEEE-422 "IEEE Guide for the Design and Installation of Cable Systems in Power Generating Stations", IEEE-525 "IEEE Guide for the Design and Installation of Cable Systems In Substations" y NEMA VE-1 "Cable Tray Systems" y con los datos suministrados en estas especificaciones. Los planos, cálculos y cualquier otro dato para el diseño deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

El Contratista deberá dimensionar las bandejas de acuerdo con la cantidad y tipo de cables a instalar, siguiendo las recomendaciones de la sección 3.18 del Código Eléctrico Nacional, norma NTC 2050 del ICONTEC.

El Contratista deberá realizar un diseño detallado del sistema de bandejas portacables y deberá coordinarlo con los demás equipos, tales como tuberías, ductos de aire acondicionado, barras y otros equipos instalados en el Túnel.

Las bandejas no deberán tener un ancho mayor a 0.4 m, casos especiales que requieran un ancho superior deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria. Las tuberías deberán dimensionarse de acuerdo con el

número de conductores a instalar siguiendo las recomendaciones de la norma NTC - 2050 del ICONTEC.

Las bandejas portacables deben ser del tipo escalera, con distancia máxima entre los centros de los peldaños de 200 mm. El espaciamiento normal entre peldaños debe ser mantenido en la línea central de las curvas horizontales a 90° y 45°. El diseño de las bandejas portacables deberá estar basado sobre una carga estática de 50 kg/m debida al peso de los cables y una carga concentrada de 100 kg considerada en la mitad del máximo espaciamiento entre soportes, el cual es de 2,5 metros.

El factor de seguridad de carga que se utilizará en el diseño de las bandejas deberá ser por lo menos de 1,5, basado en el colapso de una bandeja cuando es soportada como una viga sencilla en los dos extremos.

El sistema de bandejas portacables deberá ser eléctricamente continuo y sólidamente conectado a tierra. Un conductor de cobre desnudo será suministrado e instalado por otros, a lo largo del sistema de bandejas portacables al cual se conectará a todas las bandejas, máximo cada 40 m. El Conductor deberá ser conectado varias veces a la red de tierra del Túnel. El Contratista deberá verificar esta conexión del cable de puesta a tierra y deberá dejar todas las provisiones para su instalación durante el montaje.

Las bandejas serán soportadas por ménsulas apoyadas en soportes suspendidos del techo o directamente fijados a la pared por medio de pernos de expansión o suspendidos de pernos de roca con un adaptador roscado y pernos para unir la platina del soporte y la base del perno de roca. El Contratista deberá hacer el diseño de las ménsulas y los soportes, teniendo en cuenta las cargas de diseño para las bandejas y la cantidad de bandejas instaladas en cada soporte. El Contratista deberá suministrar para aprobación de La Sociedad Concesionaria los cálculos del diseño y los esquemas o planos para fabricación de las bandejas, los soportes, las ménsulas y demás elementos que conforman el sistema de bandejas portacables. El diseño del sistema de bandejas portacables deberá incluir todos los accesorios necesarios para el cambio de dirección, cambio de nivel, uniones rígidas, uniones expandibles, uniones ajustables, accesorios de fijación a las ménsulas, accesorios de fijación de las ménsulas y soportes, pernos de expansión para fijación de soportes y ménsulas a techos o muros, elementos bajantes y todos los elementos para conformar el conjunto de bandejas portacables.

La separación vertical entre bandejas debe ser mínimo 30 cm.

El Contratista deberá suministrar todos los pernos de roca necesarios para la instalación de los soportes de las bandejas portacables en los Túneles y galerías.

**1.2.9.5 Fabricación de las bandejas portacables y de las tuberías.** La fabricación de las bandejas portacables deberá ser en secciones de una construcción sólida, suministradas con una longitud máxima de 2,5 m; con peldaños soldados a los perfiles laterales. Los perfiles laterales deberán ser hechos de una sola sección, con los dobleces necesarios para proporcionar una resistencia mecánica adecuada a las cargas de diseño especificadas anteriormente.

Cada elemento de las estructuras deberá ser fabricado solamente de una sección.

La fabricación de los soportes y las ménsulas deberá cumplir con todas las características descritas anteriormente para las bandejas portacables.

Todas las soldaduras deberán cumplir con la norma AWS B3.0 "Welding Procedure and Performance Qualification".

La fabricación de las tuberías metálicas deberá ser realizada con acero, en longitudes máximas de tres metros. La tubería deberá ser apta para ser roscada, doblada, soldada por métodos comunes. Los tubos deberán estar exentos de defectos superficiales interiores que puedan causar daños al aislamiento o a la chaqueta de los cables. Su soldadura deberá ser continua y aplicada longitudinalmente.

Las tuberías deberán ser del tipo semi-pesado y deberán cumplir con las dimensiones recomendadas en la norma NTC 169 del ICONTEC.

Además de las uniones, para las tuberías metálicas se deberán suministrar conduletes de hierro maleable, de las formas y tamaños requeridos para la instalación, con la cubierta, empaque y tornillos.

Todos los elementos del sistema de bandejas portacables, tuberías y accesorios deberán ser limpiados de toda suciedad, polvo, óxido, aceite, grasa y cualquier otra sustancia extraña. Se deberán tomar en cuenta las recomendaciones de la norma ASTM A385 "Standard Recommended Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip)" con el propósito de obtener una alta calidad del revestimiento galvanizado por inmersión en caliente.

Todos los componentes deberán ser galvanizados por el proceso de inmersión en caliente, de acuerdo con la última edición de la norma ASTM A 123 "Standard Specification for Zinc (Hot-Galvanized) Coatings on Products Fabricated from Rolled, Pressed, and Forged Steel Shapes, Plates, Bars and Strip".

Los conduletes, tornillos, tuercas, arandelas y roscas de acero y hierro deberán ser galvanizados por el proceso de inmersión en caliente de acuerdo con la última edición de la norma ASTM A 153 "Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware". El revestimiento de Zinc deberá ser liso, limpio, de un espesor uniforme y libre de defectos.

### **1.2.10 Pruebas, montaje y puesta en servicio**

#### **1.2.10.1 Pruebas y ensamble en fábrica**

##### **Tableros eléctricos de media y baja tensión**

- **General.** Los tableros eléctricos de media y baja tensión, deberán ser completamente ensamblados y ajustados en la fábrica y deberán ser sometidos a las pruebas de rutina del fabricante en fábrica, así como a otras pruebas eléctricas y operacionales, como se especifica a continuación para asegurar el funcionamiento y una operación confiable y segura del equipo. Las partes de repuesto a ser suministradas deberán estar sujetas también a estas pruebas. Todas las partes deberán ser marcadas apropiadamente e identificadas para facilitar el ensamble en la obra. Las pruebas en fábrica del equipo y los métodos de pruebas utilizados deberán ajustarse a los requerimientos aplicables de las normas ANSI, IEEE, NEMA e ICONTEC. El costo de la realización de las pruebas deberá ser cubierto completamente por el fabricante y deberá ser incluido en los precios de la licitación para los equipos.

Para la realización de las pruebas el Contratista se deberá ceñir a los requisitos establecidos en los documentos generales de estas especificaciones.

- **Pruebas mecánicas.** Deberá ser probada la operación de todos los contactos de los selectores, relés y aparatos, incluyendo los instalados y los no instalados y las partes de repuesto. Cada celda deberá ser revisada para asegurar el

alineamiento de las puertas y del equipo, la rigidez del conjunto, y la disposición y conveniencia de los medios de soporte y fijación.

- **Pruebas de operación.** Los tableros deberán ser conectados a las fuentes de alimentación requeridas por sus circuitos de fuerza y control y en lo posible las señales de control y/o las condiciones de servicio deberán ser simuladas, alimentando los equipos y los elementos de control, para asegurar la exactitud del cableado, la adecuada instalación y el correcto funcionamiento de todos los elementos, de acuerdo con los requerimientos de estas especificaciones.
- **Pruebas dieléctricas.** El cableado deberá ser probado punto a punto determinando la continuidad del circuito y deberá estar sujeto a las pruebas dieléctricas de acuerdo con la norma NEMA Pub. No. ICS-1, "General Standards for Industrial Control and Systems", parte ICS-1 109, párrafos ICS-1-109.20 e ICS-1-109.21. Las pruebas dieléctricas deberán ser realizadas entre los conductores de los circuitos aislados y tierra, entre los conductores de polaridad opuesta y a través de los contactos de todos los selectores de control y de instrumentos, pulsadores y relés. Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar daños del equipo no diseñado o proyectado para soportar esta prueba. Todas las conexiones de puesta a tierra de la barra de tierra o de las celdas deberán ser removidas durante la realización de estas pruebas.

**Pruebas para los transformadores.** Los transformadores serán completamente ensambladas y probadas en fábrica de acuerdo con las normas ICONTEC, ANSI C57 e IEC. Las siguientes pruebas se efectuarán en presencia de un representante de La Sociedad Concesionaria y sus procedimientos estarán de acuerdo con el programa indicado.

- **Pruebas de rutina**
  - Medida de la resistencia de los devanados
  - Medida de la relación de tensión y comprobación del grupo de transformación
  - Medida de la tensión de impedancia, impedancia de cortocircuito y las pérdidas en el cobre.



- Medida de la corriente de excitación y las pérdidas en vacío a la tensión asignada y al 110% de la tensión asignada.
- Prueba de tensión inducida
- Pruebas de tensión aplicada
- Verificación del nivel de ruido
- Pruebas mecánicas y de operación de los cambiadores de derivación
- Cada buje, incluidos los de reserva se probarán de acuerdo con la norma IEC 137.
- **Pruebas tipo.** Estas se realizarán a uno de los transformadores en aceite y a uno de los transformadores secos elegidos por La Sociedad Concesionaria, su precio se incluirá dentro del precio de los transformadores. Si la muestra elegida no pasa una prueba tipo todos los transformadores serán sometidos a pruebas sin ningún pago extra. Cualquier muestra que no pase una prueba tipo será rechazada. Estas pruebas estarán de acuerdo con las normas IEC.
  - Prueba de impulso atmosférico en terminales de línea o neutro
  - Prueba de elevación de temperatura
  - Medida del nivel acústico

**Pruebas para las Unidades de Potencia Ininterrumpibles.** Todos los equipos especificados en esta sección deberán ser completamente ensamblados y ajustados en fábrica y se deberán efectuar las pruebas de rutina requeridas por las normas IEC para asegurar la funcionalidad, Confiabilidad y seguridad en la operación de todas sus partes.

Las pruebas en fábrica de los equipos y los métodos de prueba utilizados deberán estar de acuerdo con las especificaciones aplicables de las publicaciones IEC 146 e IEC 478 o la publicación NEMA - ANSI PE 5 - 85. Cuando los cubículos sean totalmente ensamblados, deberán ser sometidos a pruebas de acuerdo con la Publicación IEC 439. El Contratista deberá suministrar copias a La Sociedad Concesionaria de los reportes de prueba completos.



Las UPS serán sometidas en fábrica a las siguientes pruebas mínimas:

- Pruebas dieléctricas.
- Pruebas operacionales.
- Prueba de funcionamiento continuo durante 200 horas (burning test).
- Pruebas de capacidad de las baterías

**Pruebas para las Plantas de Emergencia.** Los equipos deberán cumplir con lo requerido en las especificaciones técnicas generales de esta contratación.

Los tableros de control y cada planta generadora diesel deberá ser ensamblada, probada y ajustada en la fábrica para asegurar su funcionamiento de acuerdo con los requisitos de estas especificaciones.

Los tableros de control de las plantas generadoras diesel deberán ser sometidos a pruebas de aislamiento de rutina del fabricante y a pruebas mecánicas y operacionales para asegurar que los circuitos de control y protección operan correctamente.

El Contratista deberá enviar tres copias de los reportes de pruebas tipo, realizadas al motor y al generador donde se indiquen las características principales de velocidad y carga y los parámetros eléctricos del generador y su eficiencia.

Al conjunto motor generador se deberán realizar las pruebas de rutina del fabricante incluyendo las pruebas de los reguladores de tensión y velocidad, elementos de protección del motor y sobrevelocidad, arranque, pruebas en vacío, y a plena carga y alarmas, protecciones del generador, resistencia de los devanados del rotor y el estator, pruebas dieléctricas de todos los devanados, entre otras. El sistema de arranque deberá ser probado para comprobar el número de arranques de las plantas diesel, su capacidad y el sistema de control y protecciones.

Los tableros de control de cada planta, serán completamente ensamblados, cableados y sometidos a inspección y pruebas en fábrica. A los tableros se les deberá realizar pruebas mecánicas, dieléctricas y de operación para verificar su construcción, el cableado y el correcto funcionamiento e instalación de todos los equipos. Las pruebas y procedimientos deberán ser realizados de acuerdo con

las partes aplicables de las normas NEMA, IEEE e IEC y deberán ser sometidos a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

Los tableros de control de cada planta diesel, deberán ser acoplados con todas sus conexiones eléctricas y probados en conjunto para verificar la operación del sistema completo con todas las señales de control, protección y señalización del sistema de plantas diesel.

El costo de las pruebas de los equipos deberá ser cubierto completamente por el Contratista y deberá ser incluido en los precios de la contratación para los equipos.

Los equipos no deberán ser despachados hasta que hayan sido probados y los reportes de pruebas aceptados.

**Pruebas a los cables de Fuerza y control.** Los cables para los circuitos de fuerza aislados a 15 kV deberán ser probados de acuerdo con la última edición de la norma AEIC CS5 y con los requisitos establecidos en la sección seis (6) "Testing and Test Methods" de la norma NEMA WC-7 (ICEA S-66-524).

Los cables para los circuitos de fuerza y para los circuitos de control aislados a 600 V deberán ser probados de acuerdo con la sección seis (6) "Testing and Test Methods" de la norma NEMA WC5 (ICEA S-61-402).

Los aislamientos, las chaquetas y los rellenos serán sometidos a pruebas de índice de oxígeno, índice de temperatura crítica y ensayo vertical a la llama para verificar la característica retardante a la llama.

Para todos los cables especificados en estos documentos deberán hacerse pruebas sobre muestras y pruebas eléctricas en los cables terminados.

**Pruebas a bandejas portacables, tuberías y accesorios.** Todos los elementos del sistema de bandejas portacables deberán ser ensamblados, galvanizados y probados en fábrica. Se deberán realizar las pruebas de rutina del fabricante y las especificadas en la norma NEMA VE-1 "Cable Tray Systems". Los soportes deberán ser sometidos a pruebas de carga.

**1.2.10.2 Partes de repuesto.** El Contratista deberá suministrar los repuestos que el recomiende y considere necesarios, para garantizar un correcto funcionamiento de los equipos por un periodo no inferior a dos (2) años de

operación continua, y adicionalmente que hayan sido aceptados por La Sociedad Concesionaria.

Los equipos a los cuales el Contratista debe presentar el listado de repuestos recomendados por el son los Tableros de media y baja tensión, las Unidades de Potencia Ininterrumpibles y las plantas de emergencia.

Adicionalmente a las partes de repuesto mencionadas anteriormente, el proponente deberá someter precios para algunas partes de repuesto adicionales que puedan ser necesarias para los equipos ofrecidos.

Todas las partes de repuesto suministradas deberán ser intercambiables con sus partes originales y deberán ser hechas de los mismos materiales y mano de obra que las correspondientes a los tableros de media y baja tensión, unidades de potencia ininterrumpibles y plantas de emergencia suministrados bajo estas especificaciones.

Los repuestos de los equipos deberán ser entregados a La Sociedad Concesionaria en el sitio del proyecto, debidamente identificados con tarjetas que contengan la referencia, fabricante, ítem y el equipo a que corresponden. Los elementos de repuesto deben ser empacados en bolsas plásticas y en cajas para protegerlos contra daños.

**1.2.10.3 Herramientas y equipos para montaje y mantenimiento.** El Contratista deberá suministrar todas las herramientas y equipos de montaje y mantenimiento recomendados en su propuesta que hayan sido aceptados por La Sociedad Concesionaria.

**1.2.10.4 Montaje en el sitio de las obras.** El Contratista será responsable de la dirección, ejecución, supervisión y control del montaje, en el sitio de las obras, de todos los componentes de los Equipos Eléctricos Principales. El montaje deberá efectuarse siguiendo las "Instrucciones de Montaje" previamente preparadas por el Contratista y aprobadas por La Sociedad Concesionaria.

**Tableros eléctricos y unidades de potencia ininterrumpibles.** El Contratista deberá coordinar detalladamente con las obras civiles los espacios y previsiones para el cableado y montaje de los equipos. Los tableros eléctricos que no tengan transformadores de potencia o interruptores con carro apoyado en el piso deberán tener un pedestal en concreto o estructura metálica para asegurar una correcta



nivelación y fijación de los tableros. Todos los elementos de nivelación requeridos deberán ser suministrados por el Contratista.

**Transformadores de potencia.** La instalación de los transformadores de potencia deberá realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante y deberá cumplir con las recomendaciones de las Empresas Públicas de Medellín.

**Plantas de emergencia.** Las plantas Diesel deberán ser instaladas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y deberán ser montadas sobre soportes aisladores de vibraciones. El tanque de combustible diario debe ser instalado en la base de la planta Diesel.

**Cables de fuerza y control.** En la instalación de los cables y los tableros debe ponerse especial cuidado en ajustar las conexiones de los cables, los terminales, las barras y las borneras aplicando los torques recomendados por los fabricantes

Los cables serán instalados en bandejas portacables o en tuberías, de acuerdo con las necesidades y posibilidades de conexión a cada carga. La instalación y montaje de los cables y accesorios para los circuitos de fuerza, control e instrumentación, deberán hacerse tomando las precauciones necesarias para evitar daños en el aislamiento y en los accesorios. Los cables deberán ser asegurados a las bandejas, en las cajas y tableros, de tal forma que queden eléctrica y mecánicamente seguros. El Contratista deberá asegurar una utilización óptima de las longitudes de los cables para evitar empalmes y una aplicación de esfuerzos de tracción y radios de curvatura a los conductores sin exceder las recomendaciones del fabricante. Los empalmes, si son necesarios, solamente podrán ser instalados en cajas o bandejas. Los empalmes deberán ser herméticos al agua. Todos los cables deberán ser marcados en los extremos con marcas estampadas en placas de aluminio, fijadas al cable con correas plásticas; todos los conductores deberán tener marquillas de identificación en los puntos de conexión con anillos pregrabados, preferiblemente un solo anillo que contenga toda la información. La identificación de los conductores debe hacerse de acuerdo con la utilizada en las tablas de cableado.

La pantalla de cobre de los cables de control deberá ser conectada, en un extremo, al sistema de puesta a tierra de los tableros.

El Contratista deberá suministrar dentro del costo de la instalación de los cables: los terminales, conectores, correas plásticas, placas de identificación, empalmes y todos los elementos necesarios para la correcta instalación, identificación y conexión de los cables requeridos en el proyecto

**Bandejas portacables, tuberías y accesorios.** Las bandejas deberán quedar completamente alineadas y niveladas, separadas verticalmente entre ellas, y con losas, vigas y otros equipos mínimo 30 cms.

El cable de cobre desnudo para la conexión a tierra de las bandejas podrá apoyarse sobre las ménsulas o sobre los soportes por medio de grapas o conectores. Las uniones de este cable a la derivación de la puesta a tierra de las bandejas o a la red de tierra del Túnel deberá realizarse con soldadura exotérmica o con conectores del tipo de compresión.

Las tuberías deberán instalarse siguiendo las recomendaciones del Código Eléctrico Nacional, norma NTC 2050 del ICONTEC y no tendrán más de tres curvas seguidas, si se requieren más curvas deberán instalarse conduletes o cajas de paso.

La conexión de la tubería a las cajas de los equipos sometidos a vibraciones o movimientos continuos, deberá hacerse con tubería metálica flexible hermética a los líquidos.

Antes de instalar los conductores en las bandejas y canalizaciones se hará una inspección visual del alineamiento vertical y horizontal de las bandejas, la continuidad mecánica, el apoyo sobre las ménsulas, la fijación de los soportes y la conexión al sistema tierra del Túnel, con el fin de verificar la correcta instalación de todos los elementos y su capacidad para soportar las cargas.

#### 1.2.10.5 Puesta en servicio

**Aspectos generales.** El Contratista será responsable de la dirección, coordinación, ejecución, supervisión y control de la puesta en servicio, en el sitio de las obras, de todos los componentes de los Equipos Eléctricos Principales. Las pruebas requeridas para la puesta en servicio deberán efectuarse siguiendo las "Instrucciones de Puesta en Servicio" previamente preparadas por el Contratista y aprobadas por La Sociedad Concesionaria.

**Inspección preliminar.** Se realizará una inspección preliminar del equipo totalmente ensamblado, los accesorios, la conexión con otros equipos y las obras civiles para verificar el ensamblaje completo en el sitio. Se verificará el estado del equipo interna y externamente, su fijación, limpieza, pintura, alineamiento, conexión a tierra, conexión y fijación de cables. Adicionalmente para la planta de

emergencia se realizara la inspección a la instalación de tuberías de combustible y circuitos eléctricos.

Se verificará el calibre de los conductores, su marcación y conexión de acuerdo con las tablas de cableado y los planos de los fabricantes de los equipos, se efectuará una inspección de la instalación de los cables en las bandejas y los tableros verificando su disposición y fijación. Inspeccionar la conexión a tierra de las pantallas de los cables, instalación de los conectores y terminales y el ajuste en las conexiones verificando que estén adecuadamente apretadas con buena área de contacto.

**Pruebas Pre-operativas.** A los Equipos Eléctricos Principales se les realizará como mínimo las siguientes pruebas en sitio:

• **Pruebas generales**

- Verificación del ajuste de las conexiones de los cables y barrajes.
- Medida de resistencia de aislamiento de los diferentes equipos.
- Verificación de las conexiones de fuerza y control y de conexión a tierra de los equipos.
- Verificación de las señales de alarma y disparo de los elementos de protección y control.
- Pruebas de inyección de corriente y de tensión para los relés de protección y equipos de medida.
- Verificación de todos los equipos auxiliares e instrumentos.
- Verificación de las secuencias de fases en los alimentadores y el tablero.
- Confrontación cuando sea práctico y aplicable, de los resultados de las pruebas en fábrica de los equipos.

A cada una de las plantas diesel se les realizará como mínimo las siguientes pruebas:

- Resistencia de aislamiento a todo el alambrado.
- Pruebas de aislamiento de todos los motores incluyendo los arrancadores.
- Aislamiento entre devanados y entre éstos y tierra.
- Verificación de las conexiones de fuerza y control y de conexión a tierra de los equipos.
- Verificar los niveles de agua y aceite del motor, filtros de aire, aceite y combustible.
- Pruebas de inyección de corriente y de tensión para los relés de protección.
- Verificar las señales de alarma y de disparo de los elementos de control y protección tanto del motor como del generador.
- Verificar los ajustes remotos de voltaje y frecuencia.
- Verificación de la operación de los sistemas de arranque incluyendo el equipo asociado.
- Prueba de operación de los cargadores de baterías estáticos.
- Verificación de todos los equipos auxiliares e instrumentos
- Pruebas sin carga
- Pruebas del sistema de control propio de cada planta.
- Pruebas de carga.
- Una vez instalados los conductores se harán pruebas de continuidad y de aislamiento con un Megger de 500 a 2500 Voltios

**Pruebas operacionales.** El control y la señalización de los Equipos Eléctricos Principales deberán ser probados con el Sistema de Señalización, Supervisión y control del Túnel.

- **Pruebas a tableros eléctricos**

- Pruebas del sistema de control y transferencias de los equipos.
- Ajuste de las protecciones y alarmas de los equipos.
- Verificación de la operación de los anunciadores de alarmas con todas las señales y la señalización remota.

- **Pruebas a transformadores de potencia**

- Medida de resistencia de aislamiento entre devanados y entre éstos y tierra.
- Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.
- Tratamiento de aceite de los transformadores si es requerido.
- Verificación de operación de los relés de protección de los transformadores.
- Verificación de las relaciones de transformación.
- Verificación del nivel de aceite.

### **1.2.11 Medida**

La medida para el pago por el suministro e instalación de los Equipos Eléctricos Principales del proyecto Conexión Vial Aburra - Oriente, descritos en las especificaciones, se hará como se indica a continuación:

**1.2.11.1 Tableros eléctricos de Media tensión.** La medida para el suministro e instalación del tablero de a 13,2 kV, se hará por unidad suministrada e instalada de acuerdo con lo especificado, lo mostrado en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria o su Representante.

**1.2.11.2 Tableros eléctricos de baja tensión.** La medida para el suministro e instalación de los tableros de distribución de baja tensión a 480 V c.a, 220V c.a y a 208 Vc.a, se hará por unidad suministrada e instalada de acuerdo con lo especificado, lo mostrado en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria o su Representante.

**1.2.11.3 Transformadores de potencia.** La medida para el pago por el suministro e instalación de los transformadores de potencia, se hará por unidad suministrada e instalada de acuerdo con lo especificado, lo mostrado en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria o su Representante

**1.2.11.4 Sistemas de Potencia Ininterrumpidos.** La medida para el pago por el suministro e instalación de las Unidades de Potencia Ininterrumpidas, se hará por unidad suministrada e instalada de acuerdo con lo especificado, lo mostrado en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria o su Representante

**1.2.11.5 Planta generadora Diesel.** La medida para el pago por el suministro e instalación de la planta Diesel, se hará por unidad suministrada e instalada junto con su tanque de almacenamiento de acuerdo con lo especificado, lo mostrado en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria o su Representante.

**1.2.11.6 Cables de Fuerza y de Control.** La medida para el pago por el suministro e instalación de conductores y cables aislados se hará por metro de conductor suministrado de acuerdo lo especificado, lo mostrado en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria o su Representante. La aproximación será el décimo de metro. →

**1.2.11.7 Bandejas portacables.** La medida para el pago por el suministro e instalación de bandejas portacables, se hará por metro de bandeja suministrada e instalada de acuerdo con lo especificado, lo indicado en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria o su Representante. La aproximación será el décimo de metro.

## **1.2.12 Pago**

El pago por el suministro y la instalación de los Equipos Eléctricos Principales y demás accesorios incluirá el costo de los materiales, mano de obra, diseño, impuestos, pruebas, transporte administración, utilidad y cualquier otro costo directo o indirecto necesario para ejecutar el trabajo; se hará como se indica a continuación y con los precios cotizados para cada ítem del formulario de la lista de cantidades de obra y precios unitarios. Estos mismos precios serán aplicables a instalaciones eléctricas no mostradas en los planos pero ordenados por La Sociedad Concesionaria o su Representante.

Dentro de los precios unitarios, el Contratista incluirá todos los costos en que incurra por la ejecución de las inspecciones, pruebas de fábrica y limpieza, reparación o reemplazo de materiales defectuosos o que se dañen durante la



instalación y todos los materiales menores requeridos para la correcta instalación y funcionamiento de los equipos.

Las cantidades de tuberías, conductores y bandejas portacables que se dan en el formulario; de la lista de cantidades de obra y precios unitarios, podrán variar; pero el pago se hará únicamente por los elementos realmente suministrados e instalados, sin que esto de derecho al Contratista a reclamar extensión del plazo o compensación adicional.

Si al realizar el diseño detallado de los equipos, varía su capacidad ocasionando el cambio de calibre de los conductores previstos para la alimentación de los Equipos Eléctricos Principales y otros equipos por unos de mayor capacidad, se deberán someter para aprobación de La Sociedad Concesionaria o su Representante los cálculos del que justifiquen el cambio en los conductores y los equipos. El pago de los equipos se hará al precio cotizado en el formulario de la lista de cantidades de obra y precios unitarios y no se hará ningún pago adicional por mayor capacidad de los equipos.

El pago por el suministro e instalación se hará de acuerdo con la medida establecida en el numeral 1.2.10, al precio unitario establecido en el contrato para el ítem correspondiente al equipo o elemento los cuales incluirán todos los elementos y accesorios y pruebas, requeridos para su correcta instalación y puesta en servicio.

### **1.3 SISTEMA DE ALUMBRADO, FUERZA Y PUESTA A TIERRA DEL TÚNEL**

El sistema de alumbrado del túnel estará constituido por las luminarias de alta presión de sodio, los cables, las bandejas portacables, los cables, los tableros de control de alumbrado y su equipo asociado, los luminancímetros, etc.,

Para las especificaciones técnicas (incluida la medida y pago) de las instalaciones eléctricas de fuerza, sistemas de puesta a tierra y cableado de los circuitos ramales y alimentadores a los tableros de alumbrado del túnel ver numeral 1.4 de estas especificaciones.

#### **1.3.1 Materiales y equipos del sistema de alumbrado**

Los materiales y equipos que se usarán, serán suministrados por El Contratista, serán nuevos, de primera calidad y se ajustarán a los requisitos establecidos en



estas especificaciones y en los planos. Todos los materiales serán productos normalizados de fabricantes reconocidos que hayan producido continuamente este tipo de materiales.

Todos los materiales y equipos recibirán los tratamientos de protección mecánica y contra la corrosión, adecuados para las condiciones ambientales propias del sitio de las obras.

Para los diferentes materiales y equipos se cumplirán las estipulaciones siguientes:

**1.3.1.1 Luminarias.** Para la fabricación de las luminarias se tendrán en cuenta los requisitos estipulados en las normas IEC, en estas especificaciones, en los planos y en cualquier otra norma indicada.

Las luminarias se suministrarán con los dispositivos adecuados para instalación sobre las paredes o cielo falso del túnel, de tal forma que no sea necesario hacer modificaciones en la obra que deterioren los acabados de la misma.

Las luminarias con las características indicadas en este documento se proveerán con los herrajes metálicos para su montaje, las respectivas bombillas, balastos, tomacorrientes y enchufe aéreo de seguridad para su conexión, elementos de fijación y sus accesorios necesarios, y se instalarán según lo estipulado en la sección 410 del Código Eléctrico Nacional, norma NTC 2050. Los componentes tales como bombillas, balastos, portabombillas, etc. serán de construcción normalizada.

Los balastos deberán tener certificación VDE y CE y serán adecuados para cada tipo de luminaria, de acuerdo con la bombilla conectada y con la potencia de la luminaria, y proporcionarán el voltaje requerido a la luminaria para que su rendimiento lumínico sea óptimo.

Los balastos para las luminarias con bombilla de vapor de sodio serán del tipo reactor 220V; Todas las luminarias tendrán factor de potencia  $\geq 0.9$ .

Todos los balastos serán protegidos contra contactos accidentales con las partes sometidas a tensión e, interiormente, estarán recubiertos con un material eléctricamente aislante y resistente a la humedad.

Cada balasto tendrá impresos de manera clara e indeleble los siguientes datos: nombre del fabricante, diagrama de conexión indicando la posición de los

terminales; la tensión, frecuencia, potencia, corriente y factor de potencia nominales. Las pérdidas máximas de todos los tipos de balastos deberán estar de acuerdo con las últimas tendencias mundiales de ahorro de energía y con lo indicado en las normas IEC.

Las bombillas para las luminarias de sodio alta presión deberán ser de alta emisión luminosa y de doble tubo de arco tipo "twinarc" referencia de Sylvania o equivalente (El arrancador utilizado para estas bombillas debe ser del tipo superposición con desconexión automática en caso de falla en la bombilla)

Los portabombillas de todas las luminarias de H.I.D deberán tener la certificación CE.

- **Luminarias de sodio alta presión.** Estas luminarias serán de los siguientes tipos:
- **Tipo A.** Luminaria con bombilla de alta presión de sodio referencia Indalux IZT2-1 SAP-100W o equivalente con sello CE, 220V, 60Hz, IP 65 tanto en el comportamiento óptico como en el eléctrico, factor de potencia mayor de 0.9, arrancador independiente temporizado, bombilla tipo twinarc y balasto con  $tw=130^\circ$ .
- **Tipo B.** Luminaria con bombilla de alta presión de sodio referencia Indalux IZT4-D SAP-400W o equivalente con sello CE, 220V, 60Hz, IP 65 tanto en el comportamiento óptico como en el eléctrico, factor de potencia mayor de 0.9, arrancador independiente temporizado, bombilla tipo twinarc y balasto con  $tw=130^\circ$ .
- **Tipo C.** Luminaria con bombilla de alta presión de sodio referencia Indalux IZT4-D SAP-150W o equivalente con sello CE, 220V, 60Hz, IP 65 tanto en el comportamiento óptico como en el eléctrico, factor de potencia mayor de 0.9, arrancador independiente temporizado, bombilla tipo twinarc y balasto con  $tw=130^\circ$ .
- **Tipo D.** Luminaria con bombilla de alta presión de sodio referencia Indalux IZT4-D SAP-100W o equivalente con sello CE, 220V, 60Hz, IP 65 tanto en el comportamiento óptico como en el eléctrico, factor de potencia mayor de 0.9, arrancador independiente temporizado, bombilla tipo twinarc y balasto con  $tw=130^\circ$ .



Las luminarias se suministrarán como una sola unidad, la cual incluirá la luminaria, la bombilla, el balasto y demás accesorios eléctricos para su correcta operación.

Serán fabricadas en aluminio de alta pureza tratado contra la corrosión, tendrán pantalla reflectora fabricada en un material que garantice un alto flujo luminoso, que no se deteriore con el tiempo y permita un fácil mantenimiento.

**1.3.1.2 Luminancímetros.** Para la medida y control de luminancia durante el día en las zonas de acceso a cada portal se utilizarán luminancímetros que certificados VDE y CE.

Este equipo deberá tener un campo de medición de 20 grados, centrado sobre el portal del túnel y posicionado a la distancia de parada, enfrente del portal del túnel.

El equipo debe disponer de un sistema de calefacción interno para evitar empañamientos de la ventana o de la óptica interna.

El luminancímetro estará compuesto de la óptica necesaria para la medida del cono de 20 grados, un fotodetector de silicio de curva espectral aproximada a la del ojo, electrónica de acondicionamiento de señal de alta sensibilidad, conversor analógico-digital de doce bits e interfase de salida digital serie de dos hilos en estándar RS-485.

El equipo deberá incluir un microcontrolador que calibra y corrige las medidas según son obtenidas por el sensor.

Los valores instantáneos de la luminancia deberán ser integrados durante el tiempo de ciclo que se programe, para obtener el valor medio de la magnitud, para evitar oscilaciones en el alumbrado debidas a alteraciones en la medida fruto de condiciones externas transitorias (reflejos, nubes que ocultan momentáneamente el sol, etc.)

El luminancímetro deberá disponer internamente de cuatro escalas de medida, ajustándose de forma automática para obtener la máxima precisión en las medidas.

A través del cable de comunicaciones se enviará la señal de medida a las RTU ubicadas en cada uno de los portales para poder ajustar los niveles de luminancia a las condiciones de cada día. Adicionalmente desde el cuarto de control también se podrá en cualquier momento, interrogar a cada uno de los sensores sobre sus medidas, tanto instantáneas como medias.



A cada luminancímetro debe llegar la alimentación de la red y el cable de comunicaciones, acorde al estándar RS485, que establecerá el enlace con el sistema de control.

Los luminacímetros deberán tener las siguientes características:

Alimentación: 220 V

Señal de salida: Digital 2 hilos. RS-485.

Alcance máximo señal de salida: 1 Km

Márgenes de temperatura: De  $-10^{\circ}$  C a  $+50^{\circ}$  C.

Soporte: Orientable en elevación y azimut.

Rango de medida: 0 - 40000 cd/m<sup>2</sup>. Ajustable a las necesidades particulares en la fase de calibración.

**1.3.1.3 Tableros de alumbrado o de control de alumbrado.** El contratista suministrará e instalará los tableros para control de alumbrado completos con todos sus accesorios necesarios y ejercerá control sobre todos los circuitos para obtener los diferentes estados de iluminación de día, noche y en condiciones de emergencia. El modo de operación de todo el sistema de control es descrito en el numeral 1.5 de estas especificaciones.

Los tableros para control de alumbrado serán diseñados por el contratista y fabricados de acuerdo con lo aplicable de las características de fabricación de los tableros de interruptores automáticos descritos en el numeral 1.4 de estas especificaciones.

Estos tableros serán suministrados con contactores (uno por cada circuito), selectores de posición, interruptor totalizador, interruptores automáticos para la protección de los circuitos ramales, interruptores automáticos de caja moldeada tipo miniatura, borneras individuales y accesorios, serán completamente ensamblados y alambrados e incluirán caja, puerta con bisagras y empaquetaduras. Adicionalmente deberá realizarse todo el conexionado y empalme con las RTU para poder realizar el control remoto de alumbrado sobre cada circuito ramal de alumbrado.

Se utilizarán borneras individuales para la conexión o derivación del cableado las cuales deberán de ir claramente identificadas por medio de marcas adecuadas

Los contactores para alumbrado tendrán la capacidad de corriente nominal permanente, indicada en los planos y serán apropiados para alumbrado con luminarias de alta intensidad de descarga.

Los contactores serán para servicio industrial, categoría AC1, a 600 Vc.a. y tendrán bobinas encapsuladas, para trabajo continuo. Sus características nominales serán seleccionadas por el Contratista de acuerdo al número de luminarias que maneje cada circuito ramal.

Los selectores de control serán del tipo de contacto mantenido de tres posiciones, adecuados para 600 Vc.a. Las manijas irán en el frente y el mecanismo de operación de los contactos en la parte posterior de la puerta del tablero. Los contactos de los selectores deberán ser capaces de conducir continuamente una corriente de por lo menos 10 amperios, sin exceder un incremento de temperatura de 30°C. Cada selector deberá ser suministrado con placas claramente marcadas para mostrar e identificar cada posición de operación. Los cables de conexión de los elementos a las borneras deberán ser marcados en ambos terminales, con marquillas de identificación.

Los contactores para alumbrado tendrán la capacidad de corriente nominal permanente

### **1.3.2 Montaje**

El Contratista instalará todos los equipos, redes, materiales y elementos necesarios para las instalaciones eléctricas objeto de este contrato, de acuerdo con los planos y observando las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, las normas, códigos e instrucciones dadas a continuación y las mejores técnicas empleadas en instalaciones de este tipo.

**1.3.2.1 Luminarias.** La instalación de las luminarias se hará tomando todas las precauciones necesarias para evitar abolladuras, raspaduras o cualquier otro deterioro en las mismas durante su manejo e instalación.

Las luminarias se instalarán de acuerdo con la distribución mostrada en los planos o como lo indique La Sociedad Concesionaria. Todo el trabajo se hará cuidadosamente y en tal forma que no se presenten fallas por conexiones mal aisladas o flojas. El montaje de las luminarias incluirá la colocación de soportes, pernos correcta instalación y buen funcionamiento, los cuales también serán suministrados por el contratista. Por lo tanto el contratista es el responsable de analizar cada una de las áreas de cada edificación y tenerlas en cuenta en el momento de seleccionar el soporte adecuado para fijación de cada tipo de luminaria, el cual deberá incluirlos en los costos de cada ítem

El contratista coordinará el sistema de montaje de las luminarias, de tal forma que se garantice una fijación mecánica y eléctricamente segura, conservando la orientación de las luminarias como se indique en los planos finales.

La conexión de las luminarias a los circuitos de alimentación hará con cables de cobre encauchetado de calibre 3 X12 AWG, aislado en material termoplástico, resistente al calor y a la humedad.

Los conductores que alimenten una luminaria serán continuos desde el empalme en la caja de salida del sistema de alumbrado hasta el terminal o bornera de cada una de ellas.

La instalación de las luminarias dentro del túnel se hará de acuerdo con la siguiente distribución de circuitos (ver Iluminación Típica de las zonas de umbral, transición y central en el plano AO-F1-DB-EE-35):

• **Tableros de alumbrado TAN1 y TAN17**

4 circuitos bifásicos con 10 luminarias de 400W tipo B para ambos lados del túnel, zona umbral 1

2 circuitos bifásicos con 10 luminarias de 400W tipo B para ambos lados del túnel, zona umbral 2

4 circuitos bifásicos con 9 luminarias de 150W tipo C para ambos lados del túnel, zona transición 1

2 circuitos bifásicos con 8 luminarias de 150W tipo C para ambos lados del túnel, zona transición 1

2 circuitos bifásicos con 13 luminarias de 100W tipo D para ambos lados del túnel, zona transición 2

6 circuitos bifásicos con 8 luminarias de 100W tipo A para ambos lados del túnel.

1 circuitos bifásico para el alumbrado de la vía de acceso.

1 circuitos bifásico de reserva.

• **Tableros de alumbrado TAE1 y TAE17**

4 circuitos bifásicos con 10 luminarias de 400W tipo B para ambos lados del túnel, zona umbral 1

2 circuitos bifásicos con 5 luminarias de 400W tipo B para ambos lados del túnel, zona umbral 2

4 circuitos bifásicos con 9 luminarias de 150W tipo C para ambos lados del túnel, zona transición 1

2 circuitos bifásicos con 8 luminarias de 150W tipo C para ambos lados del túnel, zona transición 1

2 circuitos bifásicos con 13 luminarias de 100W tipo D para ambos lados del túnel, zona transición 2

4 circuitos bifásicos con 8 luminarias de 100W tipo A para ambos lados del túnel.

2 circuitos bifásicos con 7 luminarias de 100W tipo A para ambos lados del túnel.

1 circuitos bifásico para el alumbrado de la vía de acceso.

1 circuitos bifásico de reserva.

Para los tableros TAN2 a TAN16 y TAE2 a TAE16 se tendrán circuitos bifásicos de 7, 8, 9, o 10 luminarias de 100 W tipo A para ambos lados del túnel.

En los nichos de parqueo deberán instalarse 2 luminarias de 100W tipo A alimentadas del circuito de alumbrado de emergencia mas cercano.

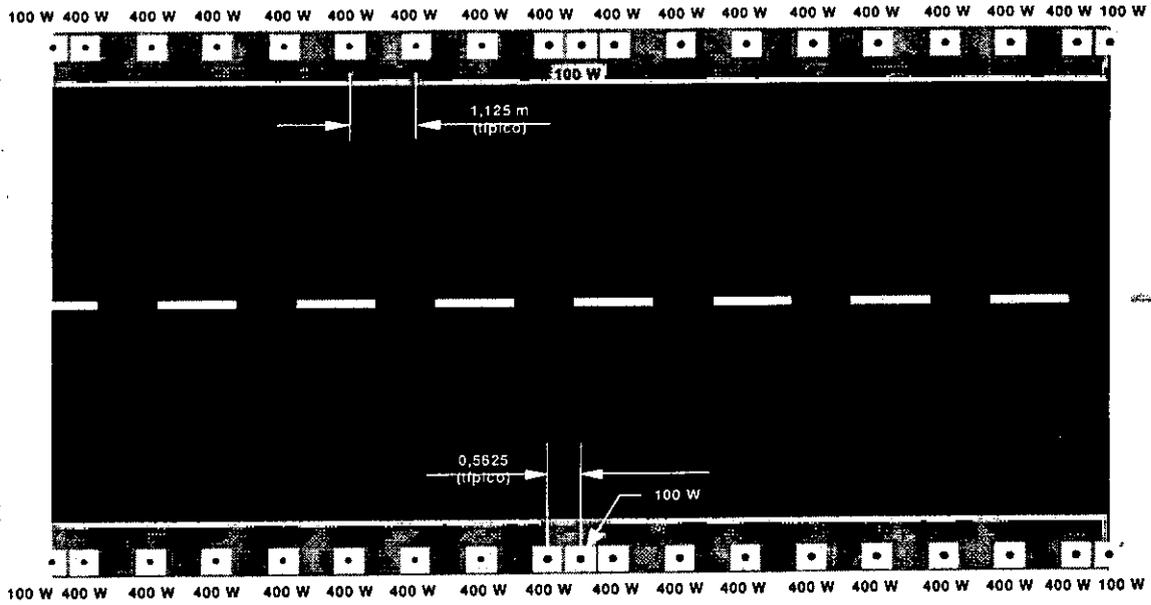
La altura de montaje de todas las luminarias dentro del túnel será de 4.1m sobre el nivel de la acera.

La distribución de luminarias propuesta se muestra a continuación, sin embargo el Contratista es el responsable por la localización definitiva y el cumplimiento de los parámetros estipulados en las recomendaciones CIE(Luminancias, uniformidades y control de umbral para cada una de las zonas en las cuales se dividió el túnel y los diferentes estados día, noche y emergencia). Dicha verificación deberá ser realizada por el Contratista y revisada por la Interventoría.

Zona umbral 1 (lado oriental u occidental)  
Longitud: 45m

Zona umbral 1 días soleados

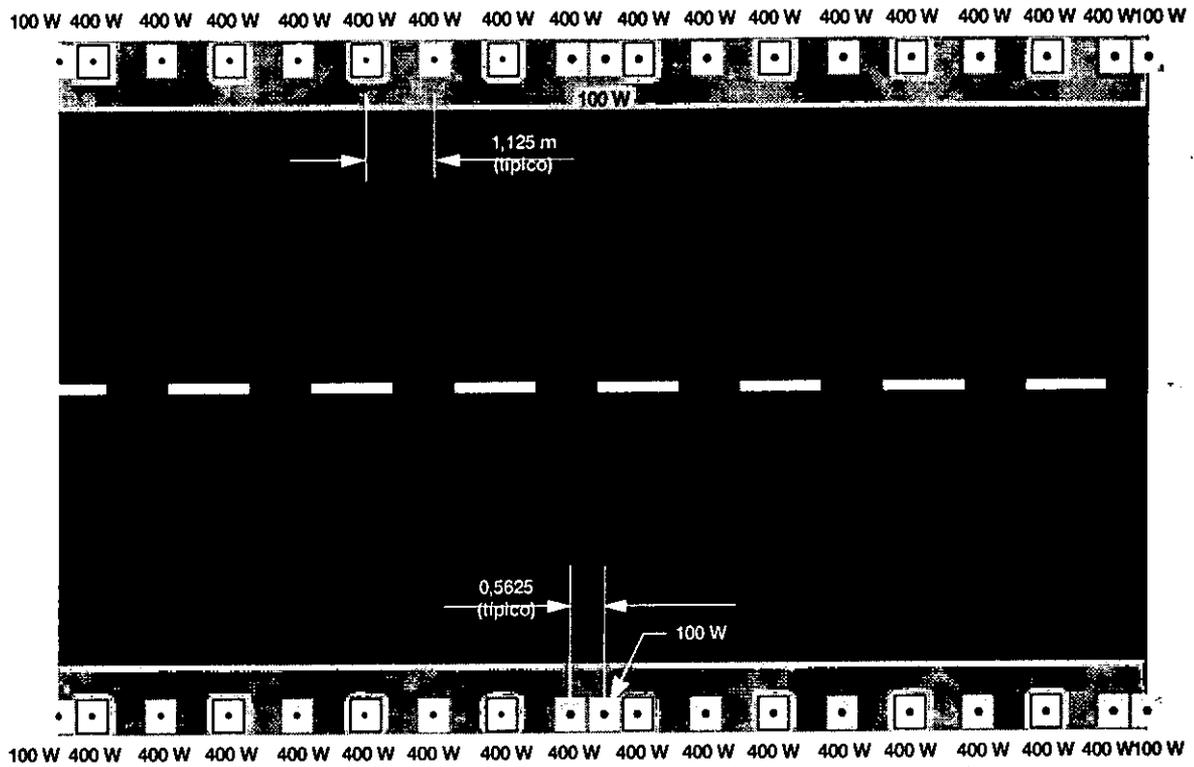
**ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE**





ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE

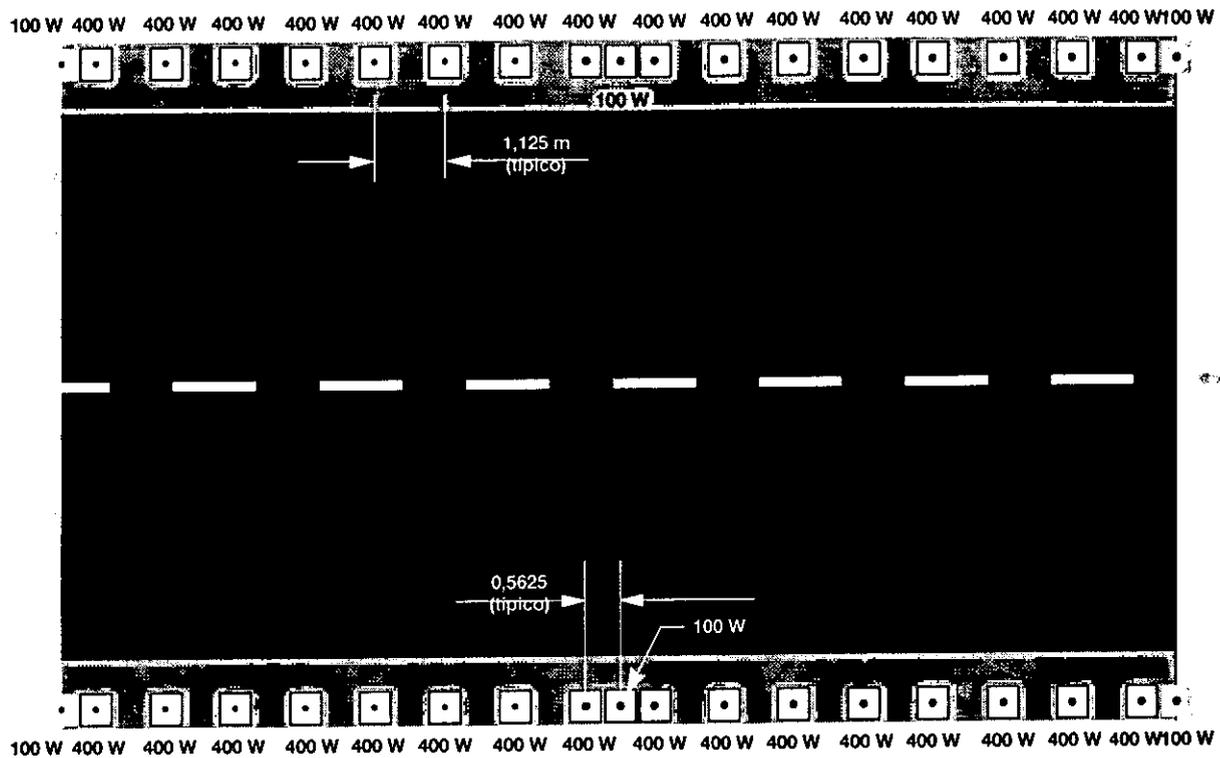
Zona umbral 1 días nublados



Luminaria apagada



Zona umbral 1 noche = Zona umbral 1 emergencia = Zona central noche



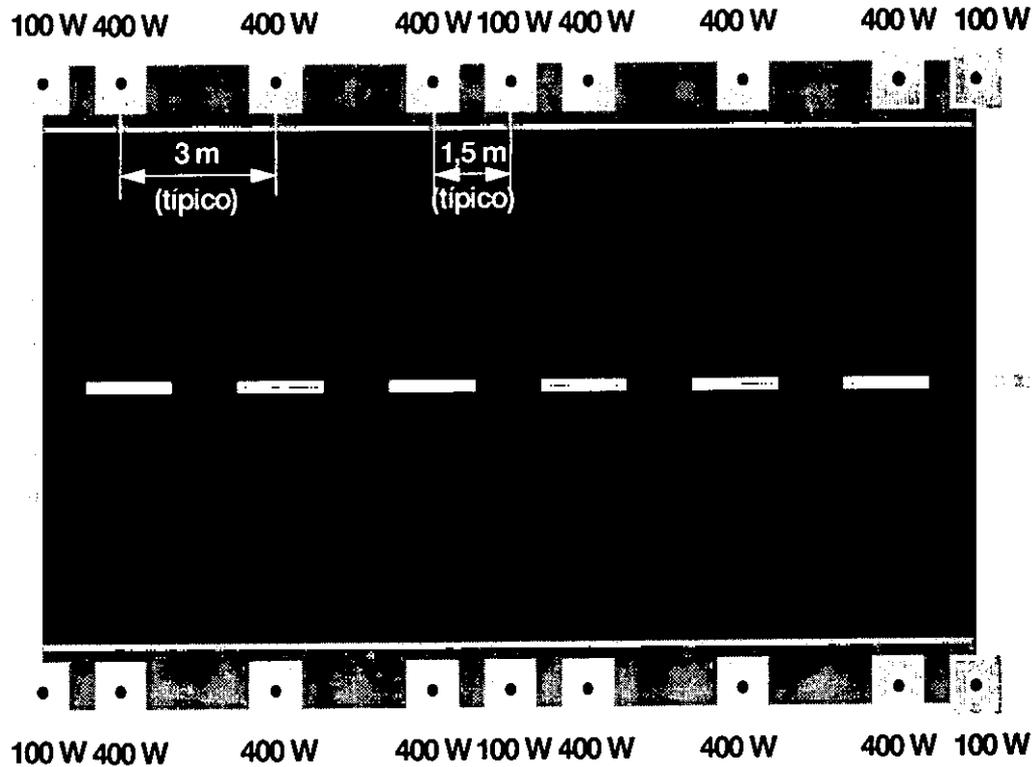
Lumianria apagada



ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE

Zona umbral 2 (lado oriental u occidental)  
Longitud: 45m

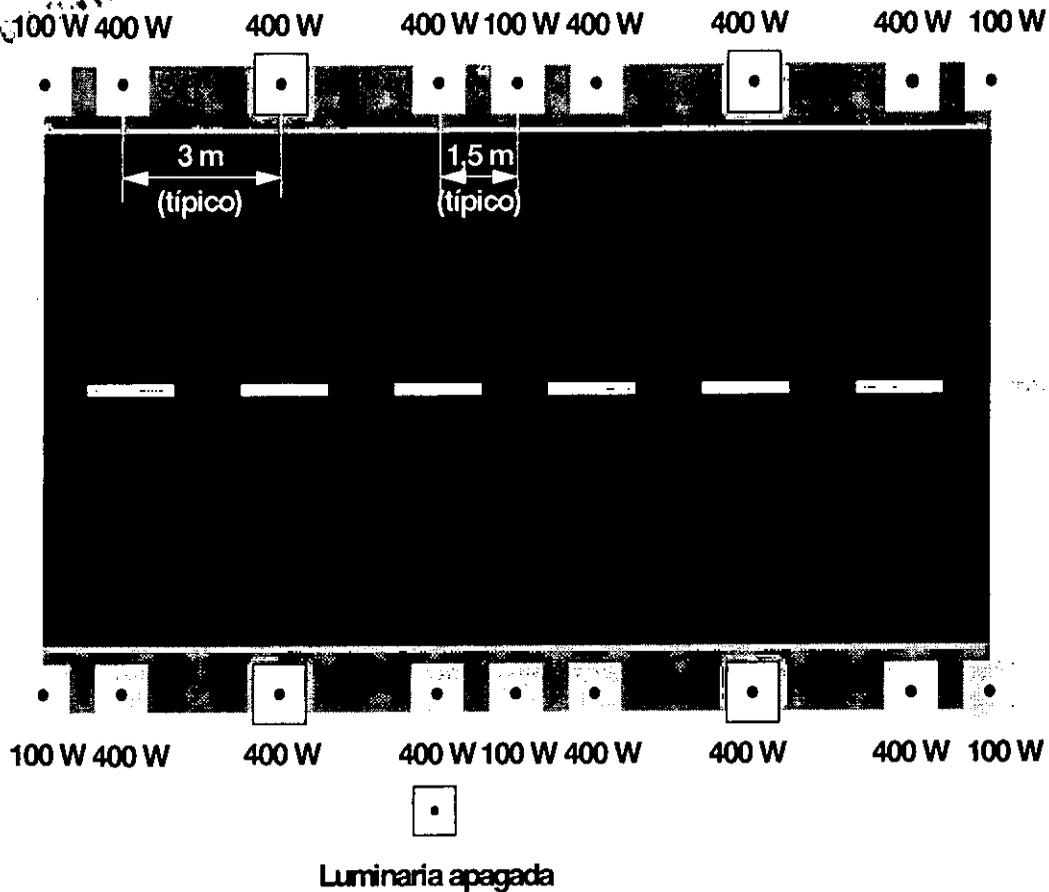
Zona umbral 2 días soleados





**Zona umbral 2 días nublados**

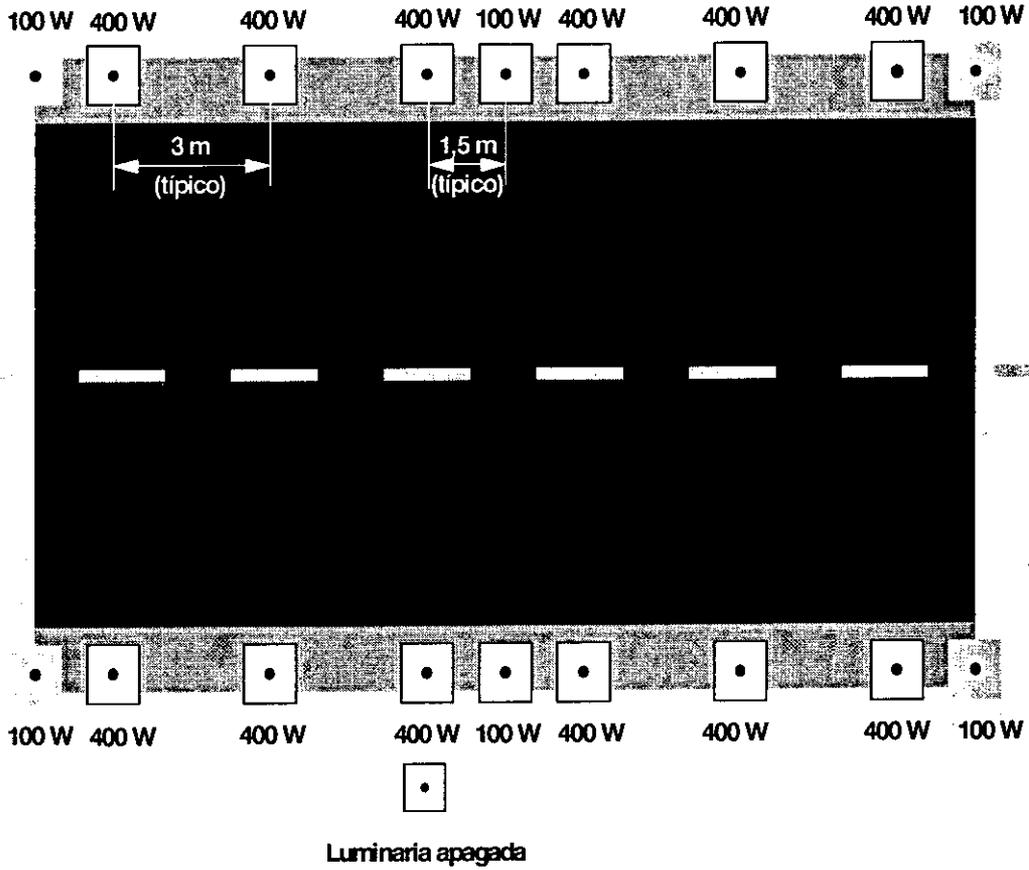
ORIGINAL DE BAIU CONTRASTE





ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE

Zona umbral 2 noche = Zona umbral 2 emergencia = Zona central noche

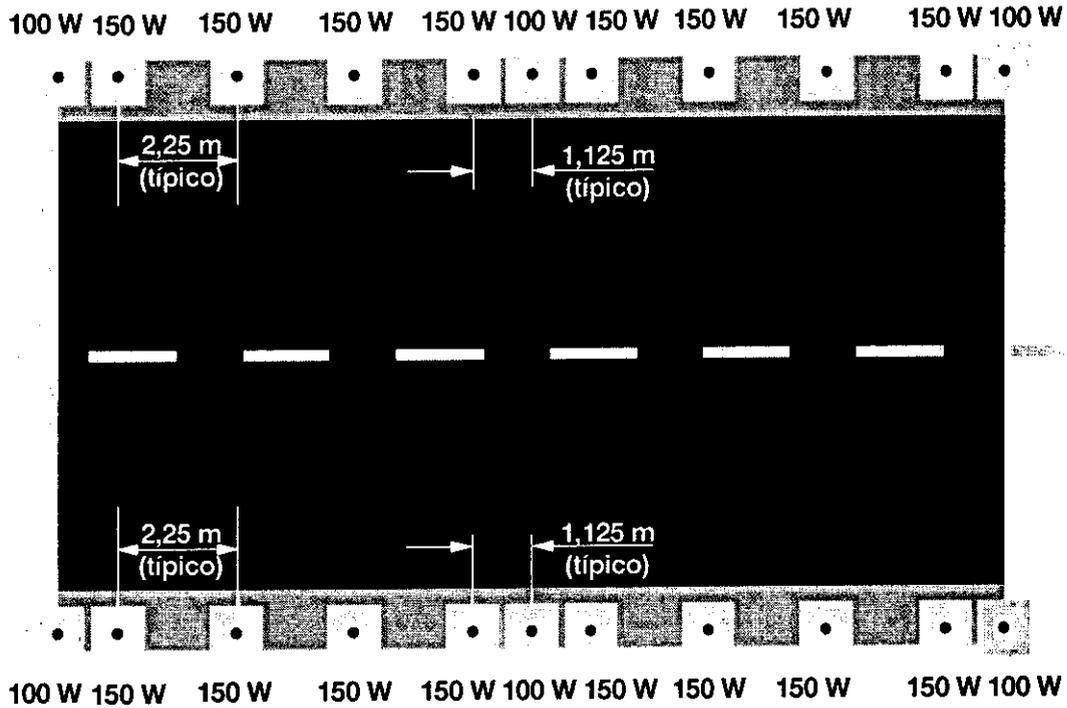




ORIGINAL DE BAJO CONTRA

**Zona de transición 1 (lado oriental u occidental)  
Longitud: 117m**

**Zona transición 1 días soleados**

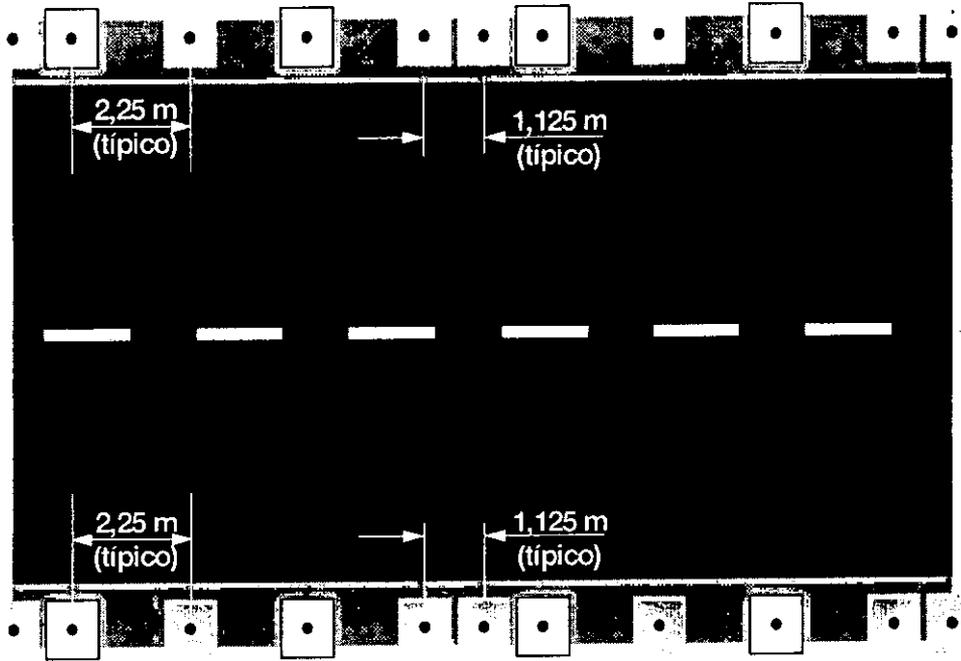




**ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE**

Zona transición 1 días nublados

100 W 150 W 150 W 150 W 100 W 150 W 150 W 150 W 150 W 100 W



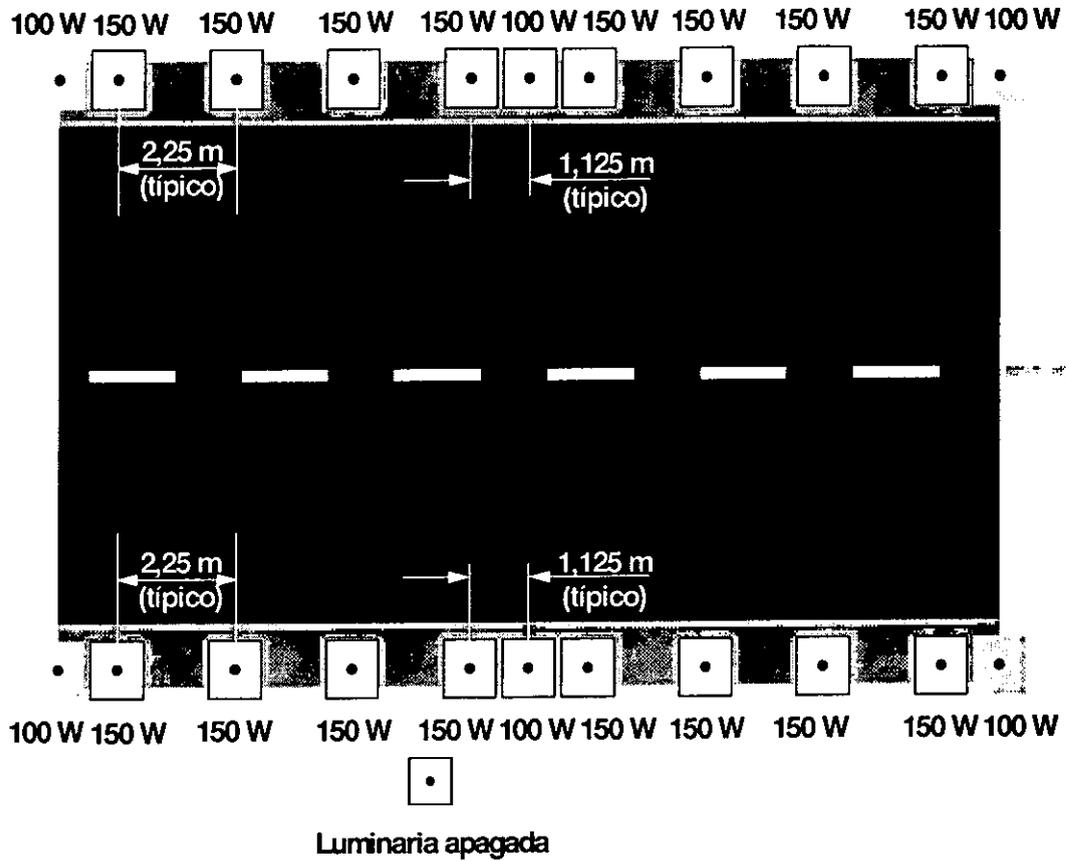
100 W 150 W 150 W 150 W 100 W 150 W 150 W 150 W 150 W 100 W



Luminaria apagada

## ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE

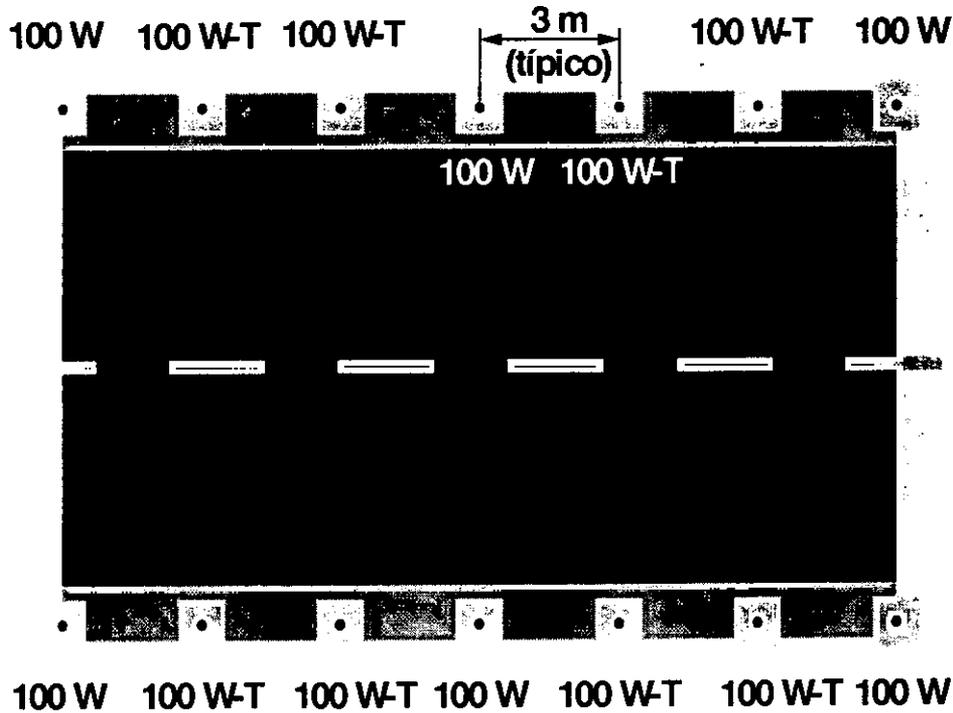
Zona transición 1 noche = Zona transición 1 emergencia = Zona central noche



**ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE**

Zona de transición 2 (lado oriental u occidental)  
Longitud: 117m

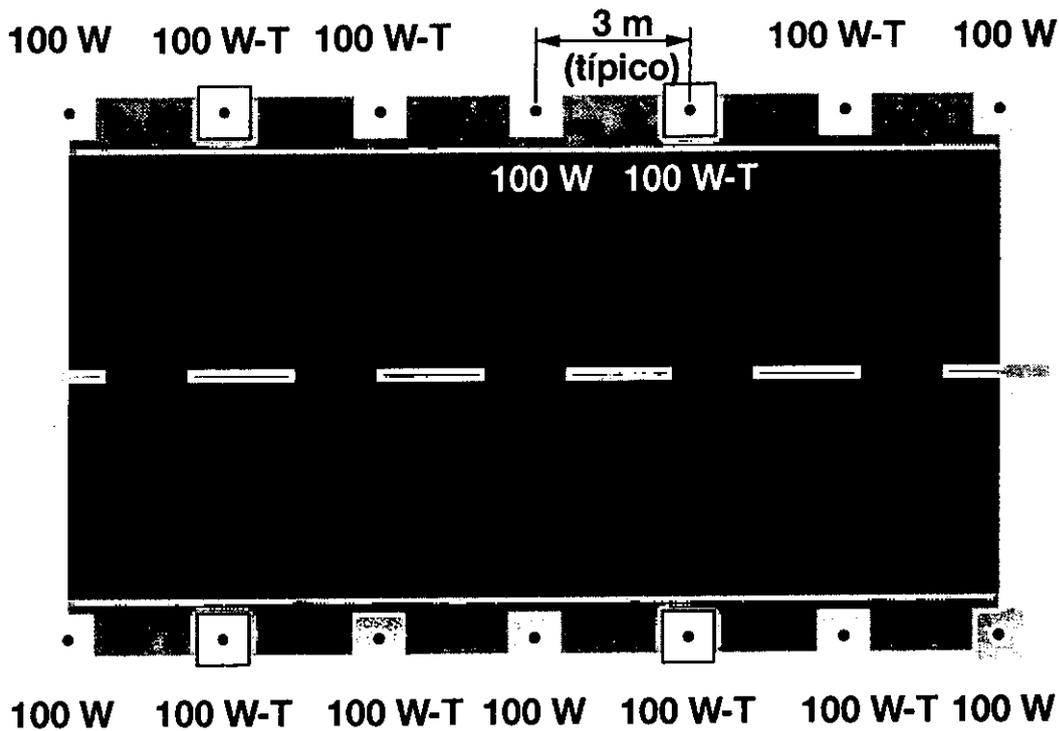
Zona transición 2 días soleados



• 100 W-T

Luminaria de H.P.S.  
para la zona de  
transición 2

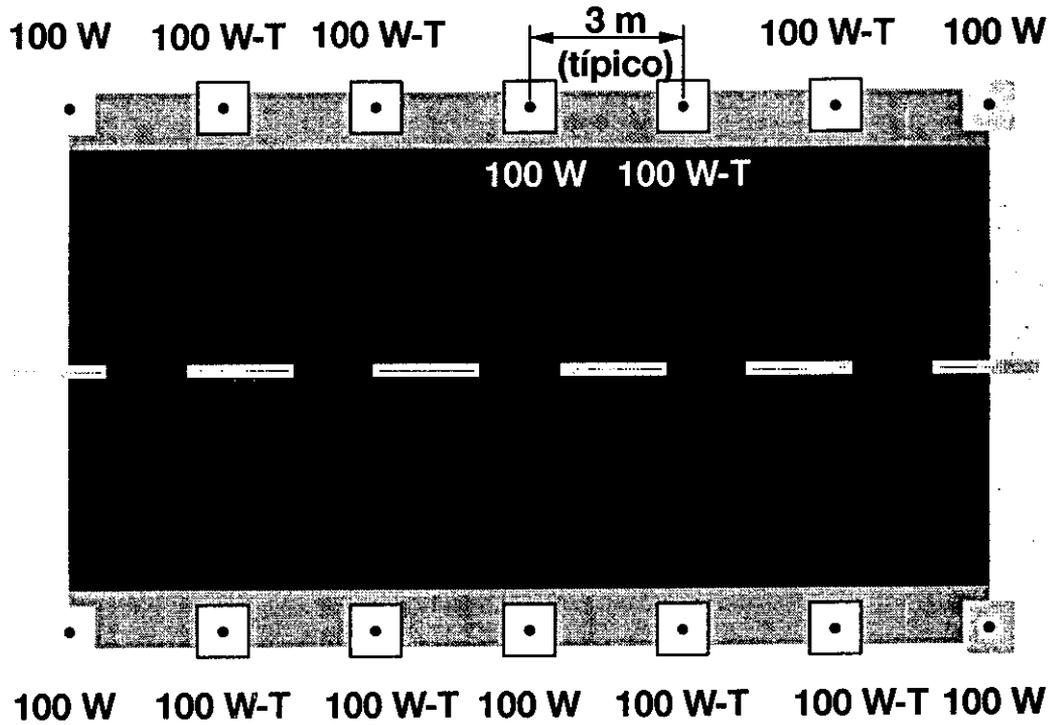
**ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE \***  
Zona transición 2 días nublados



 100 W-T  
Luminaria apagada      Luminaria de H.P.S. para la zona de transición 2

**ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE**

Zona transición 2 noche = Zona transición 2 emergencia = Zona central noche



Luminaria apagada

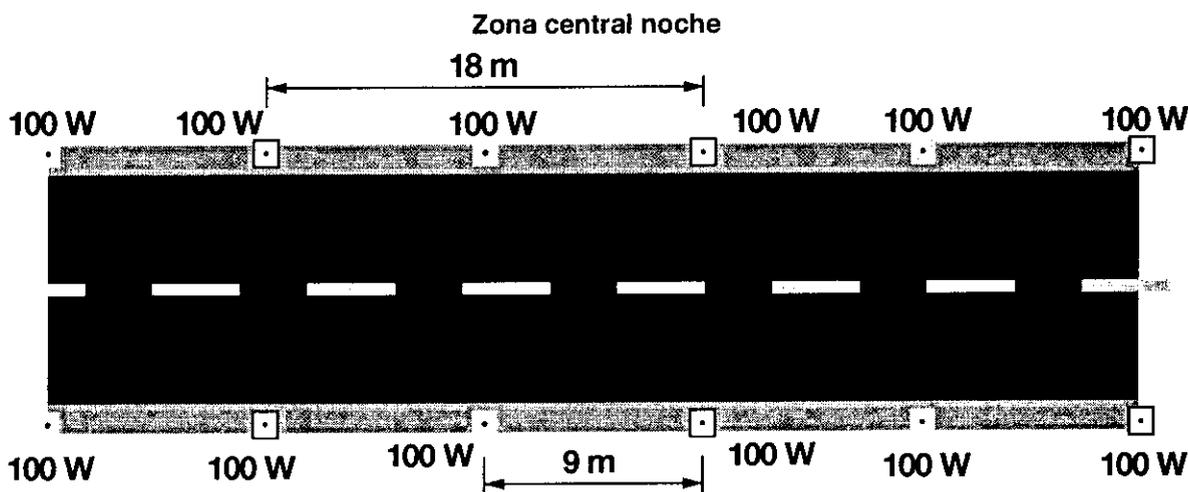
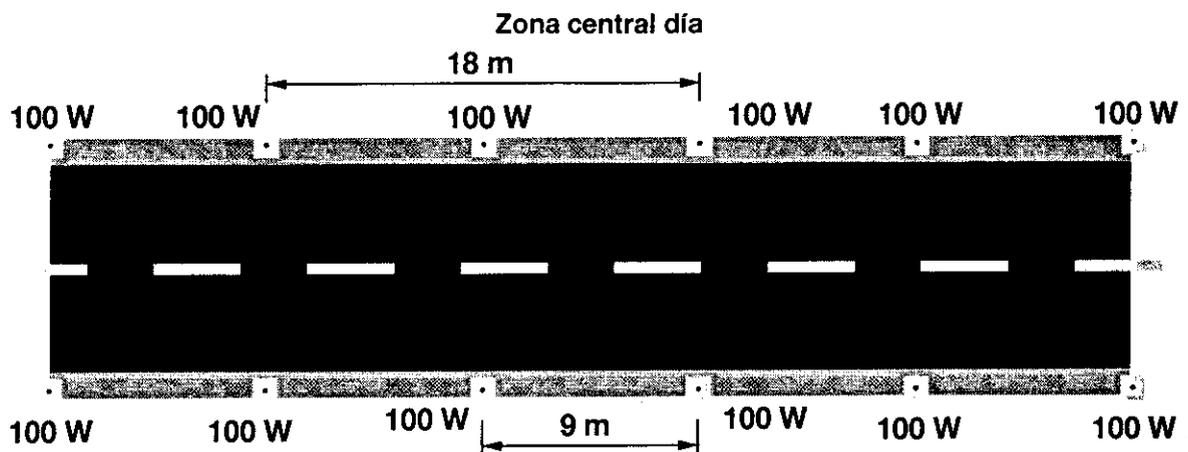


Luminaria de H.P.S. para la zona de transición 2



**ORIGINAL DE BAJO CONTRASTE**

**Zona central**  
Longitud: longitud total del túnel - las dos zonas de umbral y de transición



  
Luminaria apagada

**NOTA: Zona central emergencia = Zona central noche**



**1.3.2.2 Luminancímetros.** El luminancímetro se instalará en poste metálico ubicado a un lado de la calzada y a la altura recomendada por el fabricante para garantizar las medidas dentro de un rango tolerable

El cable de conexión entre los luminancímetros y las RTU serán apantallados y trenzados. Para garantizar un adecuado funcionamiento de los equipos deberá preverse un sistema de protección contra sobretensiones y/o descargas atmosféricas, el cual será diseñado e implementado por el Contratista. (Ver especificaciones del sistema de señalización, supervisión y control en el numeral 1.5)

**1.3.2.3 Tableros de control de alumbrado.** Los tableros se instalarán expuestos, autosoportados, sobre muros y/o estructuras metálicas, en la forma, en los sitios y a las alturas indicados por La Sociedad Concesionaria, su representante o en los planos.

Cuando los tableros se instalen sobre muros se fijarán por medio de pernos a presión o de expansión y cuando se ubiquen sobre estructuras de soporte, éstas consistirán en marcos y perfiles de acero y los tableros serán asegurados con pernos.

Los tramos de tubería que lleguen a los tableros se instalarán de una manera ordenada, agrupados y sujetados rígidamente y serán paralelos a los lados del tablero. La tubería no interferirá con la remoción de ningún elemento, con el trabajo de mantenimiento ni con el espacio asignado para equipo futuro.

Los tableros y armarios serán conectados al sistema de tierra del sitio de acuerdo con la sección 250 del Código Eléctrico Nacional - NTC 2050 y con lo indicado en los planos.

El cableado deberá instalarse de manera organizada y eficiente, de tal forma que se facilite su revisión y manipulación y se evite su deterioro.

La instalación de los tableros autosoportantes se hará teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante.

Antes de proceder a la fabricación de los tableros deberán estar previamente aprobados los diagramas eléctricos y de control para verificar que el sistema de alumbrado operará de la forma prevista.



### **1.3.1 Inspección y pruebas de fábrica**

Todas las luminarias estarán certificadas por pruebas de fábrica. El contratista deberá ejecutar sobre los lotes de las luminarias que suministre, las pruebas de fábrica de acuerdo con las norma IEC , para lo cual notificará al Interventor con la debida anticipación, sobre la fecha de ejecución, tipo y propósito de cualquiera de las pruebas .

Se suministrarán al interventor copias de los reportes para su aprobación. Las luminarias no se considerarán aceptadas hasta que hayan sido aprobadas y los reportes de pruebas aceptados.

**1.3.3.1 Inspección y pruebas del sistema de alumbrado.** Todas las pruebas se realizarán con todos los elementos constitutivos del sistema de alumbrado .

Las pruebas e inspecciones a las luminarias serán como sigue:

- Inspección detallada de las conexiones para comprobar que su instalación se haya ejecutado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, con las normas y con estas especificaciones
- Medida de la resistencia de aislamiento en la luminaria
- Los circuitos ramales de iluminación se probarán antes de colocar las luminarias
- Verificación de los directorios de los tableros
- Verificación del calibre de los cables, de acuerdo con el indicado en los planos
- Verificación de la correcta fijación y operación de las luminarias, tomas, cajas, interruptores, tableros etc.
- Para todos los estados de operación se deberá realizar la medición de niveles de luminancia, uniformidad y control de umbral en las diferentes zonas en las cuales se dividió el túnel incluidas las paredes a una altura de dos metros sobre el nivel de la acera(Se deberá seguir la metodología indicada en la CIE para estas mediciones).

**1.3.3.2 Inspección y pruebas de los tableros de alumbrado y de control de alumbrado.** Antes de energizar, se medirá la resistencia de aislamiento de las barras fase a fase, fase a neutro y fase a tierra con los dispositivos de desconexión abiertos. Las mediciones se repetirán con los dispositivos de desconexión cerrados.

En los tableros de control de alumbrado se verificará la operación de los contactores, selectores, etc. y la secuencia de operación del alumbrado.

Inspección mecánica de puertas, chapas, fijación de elementos y del tablero, estado de la pintura etc.

### **1.3.2 Presentación de documentos**

El contratista presentará la debida anticipación a la iniciación de los trabajos, para la aprobación del Interventor los siguientes documentos:

- Planos de fabricación de los tableros de control de alumbrado donde se indique la disposición de elementos, lista de materiales y catálogos de cada uno de los elementos que constituyen cada tablero
- Catálogos completos de cada tipo de luminaria donde se incluyan las fichas técnicas de los balastos, portabombillas, borneras, arrancadores, condensadores y las curvas fotométricas de cada una de ellas etc.

Además, el contratista deberá presentar todos los demás documentos indicados en estas especificaciones.

### **1.3.3 Medida**

La medida para el pago por el suministro, transporte hasta el sitio, montaje y puesta en operación de los materiales, equipos y elementos del sistema de Iluminación se hará como se indica a continuación:

Se hará por unidad suministrada e instalada para los tableros de control de alumbrado, luminancímetros y luminarias. La medida del cableado (circuitos ramales y alimentadores a tableros), instalaciones eléctricas de fuerza y sistema de puesta a tierra se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 1.4.8 de estas especificaciones.

La medida para el pago por el suministro e instalación de los elementos metálicos de fijación adicionales, se incluirán en el costo de los elementos que los requieran.

La medida para el pago por la ejecución de las pruebas correspondiente al ítem del sistema de iluminación, fuerza y puesta a tierra del túnel se hará como una suma global y se incluirá en el ítem Pruebas y certificaciones de los sistemas indicado en el numeral 1.4.8 de estas especificaciones.

#### **1.3.4 Pago**

El pago por la ejecución de las instalaciones de alumbrado descritas incluirá el costo de los materiales, mano de obra, herramientas, equipos, embalaje, transporte hasta el sitio de la obra, impuestos, administración, utilidad y cualquier otro costo directo o indirecto necesarios para ejecutar el trabajo; se hará como se indica a continuación y de acuerdo con los precios cotizados para cada ítem en la lista de cantidades de obra y precios. Estos mismos precios serán aplicables a las instalaciones eléctricas no mostradas en los planos pero ordenadas por el interventor.

Dentro de los precios unitarios el contratista incluirá todos los costos en que incurra por la ejecución de inspecciones, pruebas de fábrica y limpieza, reparación o reemplazo de materiales defectuosos o que se dañen durante la instalación.

Las cantidades que se dan en la lista de cantidades de obra y precios podrán variar, pero el pago se hará únicamente por los elementos realmente suministrados e instalados, sin que esto dé derecho al contratista a reclamar extensión de plazo o compensación adicional.

**Tablero para el control de alumbrado.** El pago se hará de acuerdo con la medida indicada a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítems de suministro e instalación de "Tablero para el control del alumbrado", el cual incluirá los costos de la caja, barraje, interruptor automático, alambrado interno, contactores, selectores, borneras y todos los elementos necesarios para su correcta instalación y operación.

**Luminarias.** El pago se hará de acuerdo con la medida indicada a los precios unitarios establecidos en el contrato para los diferentes ítems de suministro e instalación de "Luminarias de alta intensidad de descarga", los cuales incluirán bombillas, pantallas, balastos, tomacorrientes, enchufes, cable encauchetado, acoples, soportes, brazos y accesorios para su instalación completa.

**Luminancímetros.** El pago se hará de acuerdo con la medida indicada a los precios unitarios establecidos en el contrato para el ítem de suministro e instalación de "Luminancímetros", los cuales incluirán postes, cable de comunicaciones, sistema de protección contra sobretensiones y descargas atmosféricas, cables de alimentación, canalizaciones, soportes, brazos y accesorios para su operación e instalación completa.

**Elementos de fijación.** El costo por elementos de fijación se incluirá en cada ítem que los requiera.

**Pruebas.** El pago por las pruebas al sistema de alumbrado, fuerza y sistema de puesta a tierra del túnel las cuales incluirán el personal para la ejecución de las pruebas, los equipos necesarios y la elaboración de protocolos y reportes de pruebas se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 1.4.9 de estas especificaciones.

## **1.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS, SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO**

### **1.4.1 Alcance del trabajo**

En este numeral se especifican los requisitos y normas para fabricación, suministro, embalaje, transporte hasta el sitio de la obra, montaje y pruebas de los equipos, materiales y elementos necesarios para las instalaciones eléctricas permanentes de alumbrado y fuerza interior y exterior, el sistema de cableado estructurado en los edificios de control, los sistemas de puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas de los edificios y el túnel, que hacen parte de la Conexión Vial Aburrá Oriente.

**1.4.1.1 Instalaciones de alumbrado y fuerza interiores.** El Contratista suministrará, instalará y probará los sistemas permanentes de alumbrado y fuerza en las diferentes áreas internas y externas de los edificios y del túnel. Estos sistemas estarán constituidos por: cajas, soportes, conduletes, tuberías, bandejas portacables, tomacorrientes, cajas de potencia, conductores, luminarias, bombillas, interruptores manuales, tableros de interruptores automáticos, con todos los elementos y accesorios necesarios para su adecuada instalación y correcto funcionamiento.



**1.4.1.2 Instalaciones de alumbrado y fuerza exteriores.** El Contratista suministrará, instalará y probará los sistemas de alumbrado exterior y de fuerza, en las plazoletas y accesos del túnel. Estos sistemas estarán constituidos por postes, tuberías, canalizaciones, cajas de distribución subterráneas, conductores, soportes, tableros de interruptores automáticos, bombillas, luminarias, fotoceldas, protecciones y todos los elementos y accesorios necesarios para el correcto montaje y buen funcionamiento de los sistemas.

**1.4.1.3 Sistema de puesta a tierra y de protección contra descargas atmosféricas.** El Contratista suministrará, instalará y probará los sistemas de puesta a tierra y de protección contra descargas atmosféricas de los edificios y del túnel. Estos, estarán compuestos por, cables de cobre desnudo, conectores de cobre, electrodos de puesta a tierra, soldaduras exotérmicas, pararrayos y todos los elementos y accesorios requeridos para su correcta instalación.

**1.4.1.4 Sistema de cableado estructurado.** El Contratista suministrará, instalará y probará los sistemas de cableado estructurado para las redes internas de voz y datos de los edificios de control. Estos estarán constituidos por armarios de comunicaciones, concentradores, "transceivers", distribuidores ópticos, organizadores de cables, "PatchPanels", cable multipar trenzado UTP, canaletas metálicas, conectores RJ45, tomas para salida de voz y datos, tomacorrientes y demás elementos y accesorios necesarios para su correcta operación.

**1.4.1.5 Instalaciones temporales.** El Contratista suministrará, transportará e instalará todos los equipos, materiales y elementos necesarios para sus instalaciones eléctricas temporales de alumbrado y fuerza, durante la etapa de construcción de las obras.

**1.4.1.6 Estipulaciones generales.** La fabricación, suministro, embalaje, transporte, montaje y pruebas de todos los equipos, materiales eléctricos y accesorios para las instalaciones permanentes de alumbrado y fuerza, sistemas de puesta a tierra y de cableado estructurado, se harán de acuerdo con las normas, códigos e instrucciones que se indican en estas especificaciones y en los planos.

Los planos muestran la disposición general de las instalaciones, El Contratista examinará cuidadosamente estos planos y será el único responsable de la calidad e instalación apropiada de los materiales y equipos en la forma indicada en los mismos. Los cambios que El Contratista estime necesarios debido a condiciones especiales que se presenten durante la construcción de la obra y a otras causas,

se someterán a la aprobación previa de La Sociedad Concesionaria o su representante.

El Contratista investigará cuidadosamente las condiciones estructurales y de acabados que puedan afectar cada instalación y las tendrá en cuenta al preparar su propuesta y al hacer el trabajo.

En general, El Contratista protegerá los equipos y materiales contra deterioro o daño, en forma permanente, antes y durante su instalación. Al finalizar el trabajo, todo el material instalado quedará limpio y en condiciones satisfactorias de operación. Los materiales que resulten defectuosos o se dañen durante su instalación por descuido del Contratista, serán reparados o reemplazados a satisfacción de La Sociedad Concesionaria o su representante, sin ningún costo extra para La Sociedad Concesionaria.

#### **1.4.2 Materiales y equipos**

Los materiales y equipos que se usarán en las instalaciones eléctricas, en los sistemas de puesta a tierra y de cableado estructurado, serán suministrados por El Contratista, serán nuevos, de primera calidad y se ajustarán a los requisitos establecidos en estas especificaciones y en los planos. Todos los materiales serán productos normalizados de fabricantes reconocidos que hayan producido continuamente este tipo de materiales.

Todos los materiales y equipos recibirán los tratamientos de protección mecánica y contra la corrosión, adecuados para las condiciones ambientales propias del sitio de las obras.

Para los diferentes materiales se cumplirán las estipulaciones siguientes:

**1.4.2.1 Tuberías, canaletas y accesorios.** Para las instalaciones eléctricas expuestas, enterradas y empotradas, para la protección de conductores eléctricos y de la red de datos, se usarán canaletas metálicas y tubos de acero sin costura, del tipo semipesado, que cumplan la norma NTC 170 para diámetros hasta 2", o tubos de PVC que cumplan la norma NTC 979, según se indique en los planos y en estas especificaciones. Todos los tubos de acero serán galvanizados, de acuerdo con la norma ASTM A-760. Toda la tubería deberá estar libre de defectos superficiales interiores y exteriores y será recta a simple vista, de sección circular y espesor de pared uniforme.



Las roscas de los tubos de acero estarán libres de imperfecciones, asperezas e irregularidades y cumplirán la norma NTC 332, en lo que se refiere a tubos para protección de conductores eléctricos. Si las roscas se hacen después de aplicar el galvanizado, los filetes se protegerán antes de su instalación, con pintura anticorrosiva del tipo orgánico, rica en zinc.

La tubería será suministrada por El Contratista en tramos de 3 metros de longitud. Los tubos de acero se proveerán con roscas en cada extremo, pieza de unión en uno de ellos y protección para la rosca en el otro. Los tubos de PVC se suministrarán con los elementos de unión y pegantes adecuados. Cada tubo o conjunto de tubos llevará impreso el nombre del fabricante, el país de origen y el número de la norma de NTC u otra entidad similar. Todos los bordes se limarán para evitar daños en los conductores durante su instalación.

Los accesorios de acero para las tuberías tales como curvas, acoples, codos, tapas, tuercas, contratuercas, abrazaderas, boquillas con previsión para puesta a tierra, etc., cumplirán los requisitos indicados en estas especificaciones.

La tubería metálica galvanizada y todos sus accesorios serán protegidos contra la corrosión.

Las canaletas metálicas para el sistema de cableado estructurado en los edificios, serán construidas de dos secciones, que garanticen la independencia eléctrica entre el cableado de energía y el cableado de redes de datos, además de facilitar la instalación de los tomas en forma central alineada y modular. Serán fabricadas en lámina "Cold Rolled" calibre USG 18 y pintada con pintura del color elegido por la Empresa concesionaria. Los bordes deberán estar libres de asperezas e irregularidades y se limarán para evitar daños a los conductores.

Las canaletas se suministrarán con accesorios prefabricados para cambios de dirección y derivaciones y tapas en todo su recorrido; las tapas serán para fijar a presión para evitar daños en los conductores. Las canaletas serán adecuadas para la instalación en su interior de tomas para energía y/o para la red de datos; las perforaciones para llegada de cables a los tomas serán hechas en fábrica y con las herramientas adecuadas y estarán provistas de empaques que prevengan el deterioro del aislamiento de los cables, de acuerdo con lo indicado en los planos o como lo indiquen las Empresas.

**1.4.2.2 Bandejas portacables.** Las bandejas portacables para las instalaciones eléctricas de alumbrado y fuerza a lo largo del túnel, deberán cumplir

lo aplicable de las especificaciones dadas en el numeral 1.2.11 de estas especificaciones.

**1.4.2.3 Cajas, conduletes y accesorios.** Las cajas de salida de tomacorrientes, de luminarias y las cajas de empalme o de tiro para las instalaciones eléctricas empotradas serán de acero galvanizado, troqueladas, del tipo normal para empotrar y serán protegidas contra la corrosión. Para las instalaciones expuestas sobre los muros, las cajas de empalme o de tiro serán del tipo "condulete" en fundición de acero o de aluminio, con entradas roscadas, tendrán los cerramientos NEMA tipo, adecuados para cada sitio de su instalación.. Estas cajas cumplirán lo establecido en la sección 370 del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050 y sus dimensiones serán apropiadas para cada uso específico de las instalaciones eléctricas.

Los accesorios de acero tales como tapas, tuercas, boquillas, elementos de fijación, etc., cumplirán lo aplicable de estas especificaciones y las normas NTC 6 "Láminas delgadas de acero al carbono" y 402 "Perfiles de acero al carbono laminados en caliente, sujetos a requisitos de propiedades mecánicas".

Las cajas para las canalizaciones subterráneas de las redes de alumbrado exterior serán de concreto, tendrán herrajes y tapas, y cumplirán las normas aplicables de las Empresas Públicas de Medellín.

**1.4.2.4 Conductores.** Los conductores monopolares serán de cobre suave recocido; serán sólidos para calibres No. 8 AWG y menores, que cumplirán la norma ASTM B-3 "Soft or Annealed Copper Wire" y del tipo cableado concéntrico, clase B, para los calibres No. 6 AWG y mayores, que cumplirán la norma ASTM B-8 "Concentric Lay Stranded Copper Conductors, Hard, Medium-Hard, or Soft".

El aislamiento de los conductores será de material termoplástico, tipo THW, resistente al calor y a la humedad, para una tensión de 600 V y adecuado para una temperatura máxima del conductor de 75 grados centígrados, en operación normal y continua; estará libre de grietas, superficies irregulares y porosidades y cumplirá los requerimientos de las normas ICEA S-19-81, NEMA WC5 "Termoplastic Insulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy" y NTC 1099 "Conductores unipolares aislados con material termoplástico de PVC".

El aislamiento de los conductores y de las cubiertas para cables multipolares para la alimentación de las luminarias, serán de material termoplástico, tipo THW, resistente al calor y a la humedad, para una tensión de 600 voltios y adecuado para



una temperatura máxima del conductor de 75°C en operación normal y continua. En los cables multipolares los conductores de cada polo serán de cobre trenzado. El calibre y tipo de los conductores, en cada una de las instalaciones de alumbrado y fuerza se indican en los planos, y no se podrá hacer ninguna modificación en ellos sin la previa aprobación de La Sociedad Concesionaria o su representante.

Para la red de datos y telefónica se utilizará cable de cobre multipar trenzado, calibre 22 o 24 AWG, tipo UTP "Unshielded twisted Pair" categoría 6, certificado.

**1.4.2.5 Tomacorrientes y tomas para salida de datos.** Todos los tomacorrientes y sus accesorios serán para trabajo pesado. Para las cajas de potencia se utilizarán tomacorrientes del tipo industrial. Cada tomacorriente llevará, grabada o impresa, en forma visible, la marca de aprobación NTC o de una entidad similar, la capacidad de corriente y el voltaje nominales.

Los tomacorrientes monofásicos serán dobles, de dos polos, tres hilos, polarizados, de 15 A, 125 V c.a. (línea NEMA 5), con conexión a tierra, con los bornes dispuestos en tal forma que la conexión pueda ser revisada sin necesidad de extraer el tomacorriente de la caja.

Los tomacorrientes bifásicos serán de dos polos, tres hilos, polarizados, de 20 A, 250 V c.a. (línea NEMA 6), con conexión a tierra.

Los tomacorrientes trifásicos serán de 3 polos 4 hilos, polarizados, de 50A, 250 Vc.a. (línea NEMA 15) con conexión a tierra.

Todos los tomacorrientes trifásicos y bifásicos, serán suministrados con sus respectivos enchufes.

El terminal para conexión al polo de puesta a tierra será identificado de acuerdo con lo indicado en la sección 410-58 del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050.

Todos los tomacorrientes para trabajo pesado, para uso exterior, serán a prueba de agua y polvo y tendrán tapa resortada.

Los tomas para salida de voz y datos "Face Plate" tendrán uno o dos conectores RJ45, con tapa del color elegido por las Empresas y serán adecuados para redes categoría 6.



**1.4.2.6 Luminarias.** Los sistemas de alumbrado en los edificios y sus plazoletas, tendrán luminarias para instalación interior y exterior.

Las luminarias para instalación interior serán Fluorescentes, incandescentes, industriales, con bombillas de vapor de sodio y de "Metal Halide" y del tipo "Wallpack".

Las luminarias para instalación exterior, serán del tipo alumbrado público y reflectores con bombillas de alta presión de sodio.

Para la fabricación de las luminarias, se tendrán en cuenta los requisitos estipulados en la sección 410 del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050, en la norma NTC-2230, en estas especificaciones o en las especificaciones técnicas unificadas para luminarias de vapor de sodio a alta presión para alumbrado público del sector Eléctrico Colombiano, y en cualquier otra norma NTC aplicable.

Las luminarias se proveerán con las respectivas bombillas, balastos, tubos, tomacorriente y enchufe para su conexión, elementos de fijación necesarios y sus accesorios, y se instalarán según lo estipulado en la sección 410 del Código Eléctrico Nacional - Norma NTC 2050. Los componentes, tales como tubos, bombillas, balastos, portalámparas, etc., serán de construcción normalizada, que cumplan con las normas NTC aplicables en cada caso.

Todas las luminarias se suministrarán con los elementos y conectores necesarios para realizar su conexión a tierra.

Los balastos utilizados para las luminarias fluorescentes, serán electrónicos con una distorsión de armónicos no mayor del 10%, con bajas pérdidas de potencia, con baja corriente de arranque y alto factor de potencia, no menor de 0.90, deberán ser certificados UL (UnderWriters Laboratories).

Los balastos utilizados para las luminarias con bombillas de alta presión de sodio, serán del tipo reactor, de la mejor calidad, con bajas pérdidas de potencia, con baja corriente de arranque y alto factor de potencia, no menor de 0,90; serán adecuados para cada tipo de luminaria, de acuerdo con su potencia, y proporcionarán el voltaje requerido por la bombilla para que su rendimiento lumínico sea óptimo.

Todos los balastos serán protegidos contra contactos accidentales con las partes sometidas a tensión, e interiormente, estarán recubiertos con un material eléctricamente aislante y resistente a la humedad.

Cada balasto tendrá impresos de manera clara e indeleble los siguientes datos: nombre del fabricante, diagrama de conexión indicando la posición de los terminales; la tensión, frecuencia, potencia, corriente y factor de potencia, nominales y el número de tubos o bombillas para los cuales el balasto está diseñado.

**Luminarias fluorescentes.** Las luminarias fluorescentes para alumbrado interior serán:

De 2x32W, 48", "Rapid Start", protección IP54 con balasto electrónico, cerrada, con difusor acrílico de 3 mm de espesor, resistente a los rayos UV, cuerpo en lámina "Cold Rolled" calibre 22, que garantice una buena rigidez mecánica, adecuada para sobreponer o descolgar desde el techo.

El balasto y el cableado deberán estar instalados sobre un canal cerrado, dispuesto en la parte superior de las luminarias.

De 4x17W, 24", "Rapid Start", protección IP54 cuerpo en lámina "Cold Rolled" calibre 22, adecuada para empotrar en cielo falso, cuadrada, de 0.60X 0,60, con rejilla parabólica, con balasto electrónico

Las pantallas difusoras serán de acrílico, altamente resistente al impacto, 100% puro, moldeado por inyección, formando una sola unidad. Las superficies interior y exterior serán prismáticas, de tal forma que se evite el deslumbramiento y se obtenga un alto flujo luminoso.

Todas las partes metálicas recibirán tratamiento anticorrosivo completo, antes del acabado final.

El acabado de la pantalla reflectora será en pintura electrostática.

Las luminarias fluorescentes operarán a una tensión nominal de 120 V c.a.

**Luminarias de alta presión de sodio o de "Metal Halide".** Estas luminarias serán:

**De alumbrado público.** Serán con control fotoeléctrico individual, tendrán bombilla de alta presión de sodio, 250 W y 208 Vc.a., aptas para ser conectadas a la red de alimentación mediante cable encauchetado de cobre, 3 No. 14 AWG y serán para montaje horizontal, cerradas y de reparto asimétrico.

Serán construidas en aluminio fundido, tendrán protección IP65, con acabados resistentes a la intemperie, tratadas contra la corrosión, con el conjunto eléctrico (balasto tipo reactor, condensador para alto factor de potencia, arrancador y bornera de conexiones) montado para fácil cambio de elementos y mantenimiento. El reflector será de aluminio prensado electrobrillantado y anodizado y el refractor será de vidrio templado, resistente al impacto y a las alteraciones mecánicas y ópticas.

El conjunto óptico cerrará herméticamente y constará de un empaque para alta temperatura y mecanismo de cierre a presión que garanticen la limpieza interior. El portalámparas será adecuado al tipo de fuente luminosa, tipo pesado con casquillo en cobre fresado y baño electrolítico.

Las luminarias se suministrarán como una sola unidad, con el balasto correspondiente, incluyendo el cableado especial para conectar el porta bombillas, de acuerdo con la temperatura de operación y el equipo auxiliar. La posición y el centrado de la bombilla serán regulables mediante mecanismos de fácil operación manual para obtener, según la posición de la bombilla, haces concentrados o dispersos.

Las luminarias serán para montaje horizontal y su forma presentará poca resistencia a la presión del viento.

Los portalámparas serán de casquillo con rosca tipo mogul.

Las luminarias serán adecuadas para montaje en poste, con brazo de 1,50m o 2,00m de longitud y con ángulo 52°, para obtener un montaje de la luminaria a 20°.

**Luminarias tipo "Wall Pack"**. Estas luminarias, serán aptas para alumbrado exterior, tendrán ~~bombilla~~ de alta presión de sodio de 70 W, 208 V c.a., 60 Hz, estarán provistas de fotocontrol individual.

Estas luminarias serán construidas con carcasa en aluminio fundido adecuadas para instalación en muro tendrán protección IP65.

Las luminarias se diseñarán para una iluminación uniforme y serán selladas, con refractor prismático moldeado, resistente al calor, a los cambios de temperatura y a los golpes, tendrán empaques especiales para obtener un cierre hermético. El reflector será de aluminio prensado electrobrillantado y anodizado.



Cada unidad incluirá el balasto tipo CWA o reactor correspondiente y el portalámparas, que será de casquillo con rosca tipo mogul.

**Reflectores.** Serán para uso exterior, tendrán protección IP65, con bombillas de alta presión de sodio, 150W, 208V, haz tipo NEMA 7H x 6V, con fotocontrol individual.

**Luminarias tipo industrial.** Estas luminarias serán cerradas, con vidrio templado resistente al impacto y al choque térmico, para alumbrado industrial, formado por dos conjuntos, uno eléctrico donde van los accesorios eléctricos necesarios y otro óptico; con bombilla de vapor de "Metal Halide", 400 W, 208 V c.a., 60 Hz, adecuado para montaje vertical.

Los cuerpos de las luminarias serán construidos en aluminio de alta pureza, tratado contra la corrosión; tendrán pantalla reflectora unida a un refractor de cristal prismático, con un espesor mínimo de 1/8", que garantice un alto flujo luminoso, que no se deteriore con el tiempo y permita un fácil mantenimiento; la superficie reflectora será lisa y sin desperfectos o daños, tendrán protección IP54. Las luminarias serán adecuados para montaje suspendido o sobre platinas de acero galvanizado, para lo cual deberán proveerse con los herrajes de sujeción en acero galvanizado y los elementos necesarios, de acuerdo con el tipo de fijación indicada en los planos, los portalámparas serán de casquillo con rosca tipo mogul.

**1.4.2.7 Fotoceldas.** Las fotoceldas para control de alumbrado estarán provistas de soportes y bases tripolares polarizadas para el anclaje, serán adecuadas para controlar la operación de luminarias con bombillas de alta presión de sodio, a 208 Vc.a., serán adecuadas para instalación exterior a la intemperie.

**Cajas de potencia.** Las cajas serán metálicas en lámina calibre 16 AWG para trabajo pesado y protegidas contra corrosión, con tapa, cerramiento NEMA tipo 4, tendrán dimensiones adecuadas para instalar en ellas tres tomacorrientes del tipo industrial: uno trifilar, 3 polos, 3 hilos, de 30 ó 50 A, 250 V; uno bifásico, con conexión a tierra, 20 A, 250 V y uno monofásico doble, con polo de tierra de 15 A, 125 V, además de los interruptores automáticos del tipo de caja moldeada, uno monopolar de 25 A, uno bipolar de 20 A y uno tripolar de 30 ó 50 A y su cableado interno.

**1.4.2.8 Tableros de alumbrado y fuerza.** Los tableros de interruptores automáticos para alumbrado y fuerza, serán diseñados, fabricados y probados de acuerdo con las secciones 373 y 384 del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050 y la norma ANSI C37.20.

Los tableros serán apropiados para montaje sobrepuesto en muro o fijados a perfiles metálicos, como se indica en los planos, y diseñados de tal forma que los interruptores puedan ser reemplazados independientemente, sin necesidad de desmontar los interruptores adyacentes ni los terminales principales y que los circuitos puedan ser cambiados sin necesidad de maquinado, perforaciones y derivaciones.

Las barras principales, la barra para el neutro aislada y la barra de tierra de los tableros, serán de cobre de alta conductividad, de construcción normalizada y tendrán la capacidad de corriente permanente especificada en los planos. Los tableros tendrán una barra de cobre para puesta a tierra, con una capacidad de corriente de mínimo el 70% de la capacidad de las barras principales. Las cubiertas de los tableros serán NEMA tipo 12 para los edificios y NEMA 4, para el túnel, serán construidos en láminas de acero calibre 14 USG tratadas contra la corrosión, impactos directos e indirectos y agentes químicos como jabones y detergentes, tendrán acabado final en esmalte horneable tropicalizado, del color elegido por La Sociedad Concesionaria y serán del tamaño suficiente para instalar los equipos y para la distribución interna del cableado como lo indican las tablas 373-6 a y b del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050.

Los tableros tendrán puertas bisagradas, provistas con placas de identificación, en la tapa frontal, que puedan abrirse sin descubrir partes energizadas del tablero, serán del tipo de frente muerto (Dead Front Type). Las puertas tendrán cerraduras y empaques. En el interior de las puertas se montarán soportes para directorios de circuitos que se llenarán completamente anotando todas las cargas conectadas.

**Armarios de comunicaciones.** Los armarios serán fabricados en lámina "Cold Rolled" calibre 16 USG, tratada contra la corrosión, provistos en la parte frontal de puertas con bisagras, con vidrio de seguridad para inspección permanente de equipos y elementos; internamente estarán provistos de perfiles de acero o soportes para la fijación e instalación de los elementos activos y pasivos de la red tales como los concentradores "patch panels", panel de conexiones, enrutadores etc., los cuales serán de 19 pulgadas de ancho, de acuerdo con las recomendaciones de la norma EIA/TIA 568A.

Los armarios estarán provistos de perfiles estructurales de acero para formar una estructura rígida y de tal forma que resistan los esfuerzos mecánicos durante su transporte e instalación; la estructura será del tipo autosoportante y tendrá sellos y empaques para evitar entrada de agua y polvo al tablero; tendrán protección NEMA tipo 12 para uso interior, el color de la pintura de acabado será elegida por

*Sociedad Concesionaria  
Públicas*

**Empresas Varias.** Los armarios tendrán las dimensiones suficientes para instalar en su interior todos los equipos, cableados y elementos necesarios para la correcta operación de la red y de acuerdo con las indicaciones y observaciones de la La Sociedad Concesionaria o su representante, de tal forma que permitan acomodar ordenadamente los elementos que se indican en este documento.

**1.4.2.9 Interruptores automáticos.** El Contratista suministrará todos los interruptores automáticos requeridos para los tableros de distribución y de alumbrado y fuerza, los cuales deberán tener la capacidad de corriente nominal, el voltaje, número de polos, y demás características indicadas en los planos y en estas especificaciones. Los interruptores serán aprobados y certificados para 600 V c.a., con una capacidad de interrupción mínima de 10000 amperios simétricos, y estarán provistos de relés de disparo térmico con características de tiempo inverso y relés magnéticos de acción instantánea.

El relé de disparo térmico de los interruptores tripolares debe ser ajustable entre 0.75 y 1.

Los interruptores serán construidos de acuerdo con la norma NEMA AB-1 "Molded Case Circuit Breakers" y NEMA SG.3 "Low voltage Power Circuit Breakers"; serán del tipo enchufables, excepto los totalizadores, que serán industriales del tipo para fijar con tornillos; serán de caja moldeada, de tiro sencillo, con mecanismo de operación tipo palanca, de disparo libre sobre el centro independiente del control manual, con acción de cierre y corte rápido. Los interruptores de dos y tres polos, tendrán una palanca de accionamiento para disparos bipolares y tripolares respectivamente. Cada interruptor tendrá una unidad de disparo termomagnética en cada polo. Los interruptores, serán adecuados para montar y operar en cualquier posición. Los terminales de los interruptores serán removibles y adecuados para conductores de cobre. La manija o palanca de operación indicará claramente, con marca indeleble, si el interruptor se encuentra en alguna de las siguientes posiciones: abierto, cerrado o disparo. La caja de los interruptores será de material aislante y de alta resistencia mecánica.

Los interruptores de los tableros de alumbrado que se utilicen para control de alumbrado, serán del tipo "SWD" para operar como interruptores manuales.

**Postes.** Los postes para la instalación de las luminarias del alumbrado exterior, serán de concreto reforzado de 12,00 m. deberán cumplir con la última revisión de las normas ICONTEC 1329. Los postes tendrán unas tolerancias de sus dimensiones así: +/- 1% (máximo 50mm) en la dirección longitudinal, entre -5 mm y +20 mm en dirección transversal.

Los postes serán pintados, de acuerdo con las disposiciones de La Sociedad Concesionaria y la aprobación del La Sociedad Concesionaria o su representante.

**Sistema de conexión a tierra.** Los moldes y los gramos de la carga de soldadura deben ser apropiados para el tipo de unión indicada en los planos y serán sometidos a la aprobación del La Sociedad Concesionaria o su representante.

Los conectores para conexión a equipos, elementos metálicos y para la fijación del cable de cobre deben ser fabricados en un material que cumpla la Norma ASTM B99-86 "Standard Specification for Copper-Silicon Alloy Wire for General Purposes"; estañados para prevenir la corrosión y deben ser lo suficientemente fuertes para soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos producidos por las corrientes de corto circuito de acuerdo a lo indicado en la norma ANSI/IEEE Std. 80-1986 "Guide for Safety in AC Substation Grounding".

El conductor de cobre desnudo será cilíndrico, compactado, concéntrico, trenzado, formado con alambre cilíndrico sin revestimiento. Será construido con un núcleo central rodeado por una o más capas de hilos compactados, cableados helicoidalmente y estará de acuerdo con lo especificado en la norma B8 de la ASTM.

Las varillas de puesta a tierra deben ser sólidas, construidas en cobre electrolítico y deberán cumplir con la norma ASTM B-187 "Standard Specification for Copper Bus Bar, Rod and Shapes"; no deberán presentar sulfatación, su oxidación por efecto catódico deberá ser mínimo y serán adecuadas para soportar cambios bruscos de temperatura.

**1.4.2.10 Elementos de fijación.** La fijación de los elementos y materiales se hará por medio de platinas, perfiles, angulares, varillas, pernos de presión y demás elementos, de las dimensiones y características adecuadas para las cargas mecánicas en cada situación y se tendrá protección adecuada para prevenir el par galvánico, de acuerdo con los planos o como lo indique el La Sociedad Concesionaria o su representante.

Todos los elementos metálicos expuestos y empotrados tales como tuberías, cajas, incluyendo los mencionados anteriormente, serán protegidos contra la corrosión.



### 1.4.3 Montaje

El Contratista instalará todos los equipos, redes, materiales y elementos necesarios para las instalaciones eléctricas objeto de este contrato, de acuerdo con los planos y observando las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, las normas, códigos e instrucciones dadas a continuación y las mejores técnicas empleadas en instalaciones de este tipo.

**1.4.3.1 Tuberías, canaletas y accesorios.** La tubería se instalará de acuerdo con las normas aplicables del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050. Cuando la tubería rígida metálica se instale expuesta por muros o sobre la roca, será soportada mediante elementos de soporte adecuados o directamente, con abrazaderas en C y en U galvanizadas, para trabajo pesado, sujetas al concreto por medio de pernos "Ramset" o de expansión.

Para la instalación de los soportes se tendrán en cuenta las distancias indicadas en la tabla 346-12 del Código Eléctrico Nacional - Norma NTC 2050.

Las tuberías expuestas se instalarán en tramos paralelos o perpendiculares a los muros, miembros estructurales o intersecciones de planos, evitando curvas y desalineamientos, hasta donde sea posible. Cuando la tubería cruce juntas estructurales de expansión, se instalarán acoples flexibles de expansión, adecuados para tal fin.

Los tubos metálicos, se instalarán como un sistema completo según lo previsto en la sección 300 del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050 y se fijarán firmemente a no más de 90 cm de cada caja de salida, de empalme o gabinete y luego, en cada caja, se fijarán con tuercas, contratuercas y boquillas, teniendo en cuenta que en cada caja por lo menos una de las boquillas debe suministrarse con un elemento para fijación del cable de conexión a tierra; el empalme entre dos tramos de tubería se hará por medio de uniones adecuadas. Cuando sea necesario cortar los tubos, el corte se hará a escuadra, se roscará, se limará debidamente y se protegerá antes de su instalación con pintura anticorrosiva del tipo orgánico, rica en zinc. Todas las uniones de tuberías se harán impermeables. Los radios de curvatura de los tubos estarán de acuerdo con los valores indicados en la tabla 346-10 del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050, y las curvas serán uniformes, simétricas y sin hundimientos, ranuras o grietas. Las curvas realizadas en la obra se harán con equipos y herramientas adecuados.

En caso de extrema aglomeración de tuberías, como sucede en la entrada y salida de tableros, sólo cuando el tramo de tubería sea corto y no incluya más de

dos curvas, se podrán hacer curvas con radios menores a los indicados, con la aprobación del La Sociedad Concesionaria o su representante.

En un solo tramo de tubería no se permitirá más del equivalente a cuatro curvas de 90 grados (360 grados en total), incluyendo las curvas necesarias a la salida y entrada de las cajas localizadas en los extremos de la tubería. Tampoco se permitirán canalizaciones continuas de más de 35 m de longitud, en cuyo caso, será necesario emplear cajas de paso intermedias.

Las tuberías colocadas por el piso y embebidas en las losas, se protegerán para evitar que sean averiadas por el personal o por los equipos y tendrán un recubrimiento de concreto de por lo menos 5 cm de espesor.

Toda la tubería se instalará con una pendiente mínima del 1%, de modo que la condensación de humedad o el agua que se introduzca en ella fluya hacia los drenajes previstos.

Las tuberías metálicas serán protegidas contra la corrosión, según lo previsto en la sección 300-6(a) del Código Eléctrico Nacional - Norma NTC 2050, interior y exteriormente, por lo tanto las tuberías deberán ser protegidas exteriormente, y antes de su instalación, siguiendo el procedimiento indicado en la parte correspondiente a "elementos de fijación" de este numeral; y con el fin de protegerla interiormente se deberán sellar en todas las entradas y salidas de los tableros y cajas.

Todos los tubos metálicos se conectarán a tierra, en los tableros respectivos, de acuerdo con la sección 250 del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050 y por lo tanto las boquillas deben tener la previsión de puesta a tierra correspondiente.

El Contratista protegerá las tuberías para evitar la entrada de agua o de cualquier material que pueda obstruirlas o dañarlas, mientras se construye la obra y hasta la puesta en servicio de las instalaciones eléctricas. Si un tramo de tubería se obstruye, El Contratista lo limpiará y, de ser necesario, lo reemplazará.

La tubería será revisada por el La Sociedad Concesionaria o su representante, antes y durante la instalación, y éste podrá exigir al Contratista cualquier cambio de material defectuoso o inadecuado o cualquier modificación en la disposición de los tubos y cajas que considere necesarios. Las tuberías enterradas y/o empotradas serán probadas antes de ser cubiertas, para comprobar el ajuste hermético de todos los elementos.



Las canaletas metálicas se instalarán expuestas fijadas a muros o paredes en forma alineada y de forma que permanezca eléctrica y mecánicamente segura, su instalación se hará de acuerdo con lo aplicable de la norma ANSI-EIA/TIA 569, de acuerdo con los planos o como indiquen el La Sociedad Concesionaria o su representante.

**1.4.3.1 Cajas, conduletes y accesorios.** Las cajas empotradas se instalarán a ras con el acabado final de la estructura y serán protegidas contra la corrosión como se indica en la parte correspondiente a "Elementos de fijación" de este numeral. En sitios donde la instalación sea expuesta, se usarán conduletes y/o cajas especiales, los cuales se fijarán firmemente a las paredes o a estructuras metálicas por medio de pernos "Ramset", pernos de expansión y otros dispositivos aprobados por el La Sociedad Concesionaria o su representante. Las uniones de los tubos metálicos con las cajas se asegurarán por medio de boquillas, tuercas y contratueras, ajustándolas de manera que se logre un buen contacto eléctrico. Toda caja a la cual lleguen más de dos tubos, será como mínimo de 4" x 4" y llevará sobrepuesta una tapa reductora, en caso necesario, que permita fijar el elemento eléctrico, según el caso.

Las cajas tendrán las dimensiones suficientes para acomodar todos los conductores, de acuerdo con las tablas 370-6 (a) y 370-6 (b) del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050.

El Contratista suministrará e instalará cajas para tiro y empalme de conductores cada 25 m, cuya localización, tipo y dimensiones serán aprobadas por el La Sociedad Concesionaria o su representante.

Se conectarán a tierra todas las cajas o conduletes cuando en ellos se vaya a instalar cualquier elemento o dispositivo y cuando haya una derivación.

Las bandejas portacables del túnel se instalaran de acuerdo a lo indicado en el capítulo 1.2 de estas especificaciones.

**1.4.3.2 Canalizaciones subterráneas.** Las canalizaciones subterráneas para las redes de alumbrado, cumplirán con lo referente a excavaciones, entibado, instalación de ductos y rellenos, con las normas y especificaciones generales de construcción de Las Empresas Públicas de Medellín.

Para las canalizaciones subterráneas realizadas en cruces de vías, los ductos de PVC deberán ir embebidos en concreto y cuando se cruce con cunetas u otras

tuberías, se instalará por debajo de estas, de acuerdo con los planos o como lo indique el La Sociedad Concesionaria o su representante.

El Contratista protegerá las tuberías para evitar la entrada de agua o de cualquier material que pueda obstruirlas o dañarlas, mientras se construye la obra y hasta la puesta en servicio de las instalaciones eléctricas.

**1.4.3.2 Cajas de distribución subterráneas.** Las cajas de distribución subterráneas con sus respectivas tapas, serán de concreto y se construirán en lo referente a excavaciones, concretos, paredes, acero de refuerzo, revoque interior y pruebas, de acuerdo con lo indicado en las normas y especificaciones generales de construcción y la norma RS3-016 de Las Empresas Públicas de Medellín.

Durante la construcción de las cajas de distribución se deberá tener presente que para iniciar la construcción de las fundaciones, vaciados de losas de fondo y paredes de las cajas, es necesario que se encuentren terminadas las zanjas de las respectivas canalizaciones de empalme.

**1.4.3.3 Conductores.** La instalación de los conductores se hará tomando las precauciones necesarias para evitar daños en el aislamiento. El Contratista efectuará todos los empalmes y derivaciones que sean estrictamente necesarios dentro de las cajas, tableros y cualquier otro dispositivo terminal. Los conductores se empalmarán de tal forma que queden mecánica y eléctricamente seguros y sin soldaduras. Todas la uniones y empalmes, lo mismo que las puntas de los conductores, quedarán protegidos por un material del mismo nivel de aislamiento de los conductores.

Los conductores de alimentadores y circuitos ramales de alumbrado y fuerza en los edificios de control se instalarán en tuberías y canaletas, y en bandejas portacables para las instalaciones del túnel

Los conductores para baja tensión, de calibres No 8 AWG y mayores, se empalmarán con conectores del tipo compresión. Los conductores menores al No 8 AWG podrán unirse con empalmes retorcidos.

Los conductores instalados entre cajas serán continuos y sin empalmes dentro de la tubería o bandejas. En las salidas se dejarán extremos libres de los conductores, por lo menos de 0,20 m de longitud, para facilitar la conexión de los dispositivos eléctricos. No se permitirán empalmes en los circuitos, excepto donde se requiera una derivación del mismo.

Se evitará que los cables se encarrujen y, en caso de presentarse tal hecho con deterioro del conductor, se podrán utilizar las partes no dañadas, eliminando el tramo deteriorado. →

Los esfuerzos de tracción aplicados a los conductores no excederán los recomendados por el fabricante.

Los conductores que conecten instrumentos localizados en puertas con bisagras, serán extraflexibles.

En las instalaciones se utilizarán conductores de varios colores para los conductores de fase, tal como se indica en el Código Eléctrico Nacional norma NTC 2050.

El cableado se hará de acuerdo con el siguiente código de colores:

- Negro, azul y rojo para las fases A, B y C, respectivamente.
- Blanco o gris para el neutro.
- Verde para el cable de puesta a tierra.

El número de conductores instalados en cada tubería, no excederá el estipulado en la tabla 3A, capítulo 9 del Código Eléctrico Nacional- Norma NTC 2050.

Los cables UTP se instalarán en los armarios mediante organizadores de cables y serán marcados en el mismo y en los "face plate" de datos, indicando el punto de conexión en el "patch panel", en las canaletas se deberán instalar agrupados por medio de correas plásticas, se deberán dejar holguras al menos de 2,0m de cada cable en los armario o en la canaleta para facilitar la flexibilidad del sistema.

**1.4.3.4 Tomacorrientes y tomas para salida de voz y datos.** Los tomacorrientes montados en cajas que estén sobre la superficie de las paredes, se instalarán de manera que la placa de montaje del tomacorriente esté apoyada contra la caja. Los tomas para la red de datos deberán diferenciarse de los tomas de uso general, mediante algún tipo de marcación aprobada por el La Sociedad Concesionaria o su representante.

Los tomas para salida de datos "Face Plate" serán de uno y dos conectores RJ45, → con tapa del color elegido por las Empresas y adecuados para redes categoría 6, deberán ser instalados dentro de las canaletas, marcados y fijados con tornillos a las tapas troqueladas.

**Luminarias.** La instalación de las luminarias se hará tomando todas las precauciones necesarias para evitar abolladuras, raspaduras o cualquier otro deterioro en las mismas, durante su manejo e instalación.

Las luminarias se instalarán de acuerdo con la distribución alturas, ángulos, etc. mostradas en los planos o como lo indique el La Sociedad Concesionaria o su representante. Todo el trabajo se hará cuidadosamente y en tal forma que no se presenten fallas por conexiones mal aisladas o flojas. El montaje de las luminarias incluirá la colocación de bombillas, soportes, brazos, pernos de expansión o de presión, perfiles, tomacorrientes, enchufes, tuercas, tornillos y demás accesorios para su correcta instalación y buen funcionamiento, los cuales también serán suministrados por El Contratista.

Los conductores que alimenten una luminaria serán continuos desde el empalme en la caja de salida del sistema de alumbrado hasta el portalámparas o el terminal del balasto.

El alambrado de las luminarias desde la caja de empalme del circuito ramal, o de la caja de distribución se hará con cable de cobre encauchetado de calibre no inferior al No. 14 AWG, aislado en material termoplástico, resistente al calor y humedad.

**1.4.3.5 Tableros de alumbrado y fuerza.** Los tableros se instalarán expuestos, autosoportados, sobre muros y/o estructuras metálicas, en la forma, en los sitios y a las alturas indicados por el La Sociedad Concesionaria o su representante o en los planos.

Cuando los tableros se instalen sobre muros se fijarán por medio de pernos a presión o de expansión y cuando se ubiquen sobre estructuras de soporte, éstas consistirán en marcos y perfiles de acero y los tableros serán asegurados con pernos.

Los tramos de tubería que lleguen a los tableros se instalarán de una manera ordenada, agrupados y sujetos rígidamente y serán paralelos a los lados del tablero. La tubería no interferirá con la remoción de ningún elemento, con el trabajo de mantenimiento ni con el espacio asignado para equipo futuro.

Los tableros y armarios serán conectados al sistema de tierra del sitio de acuerdo con la sección 250 del Código Eléctrico Nacional - NTC 2050, con lo aplicable de la norma ANSI/EIA/TIA-607 "Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications in Commercial Buildings" y con lo indicado en los planos.

Los paneles de conexión, cables y cordones de conexión deberán instalarse de manera organizada y eficiente, de tal forma que se facilite su revisión y manipulación y se evite su deterioro. Deberán instalarse en secciones separadas de los armarios, los paneles de voz y los de datos.

La instalación de los tableros autosoportantes se hará teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante.

**1.4.3.6 Postes.** El sistema que El Contratista proponga utilizar para la instalación de los postes será sometido a la aprobación previa del La Sociedad Concesionaria o su representante, pero dicha aprobación no relevará al Contratista de sus obligaciones en cuanto a seguridad del personal y de las propiedades de La Sociedad Concesionaria o de terceros.

El Contratista instalará los postes con los brazos, herrajes y accesorios para instalación de redes de energía y alumbrado, hará las excavaciones y suministrará el concreto y el material de relleno para anclar los postes, hará las franjas de señalización, de las estructuras de acuerdo con las normas de Las Empresas Públicas de Medellín.

En los planos se indica el sitio de montaje de cada tipo de apoyo, su altura, localización de vientos y demás detalles correspondientes.

#### **Sistema de puesta a tierra puesta a tierra y contra descargas atmosféricas.**

El contratista hará la instalación completa del sistema de puesta a tierra de la red de datos, de acuerdo con los planos y lo aplicable del Código Eléctrico Nacional-Norma NTC 2050 y de la ANSI /EIA/TIA-607 para los sistemas eléctricos y redes de comunicaciones, respectivamente.

En los edificios, a lo largo del sistema de bandejas portacables se instalará y se fijará un conductor de cobre desnudo, el cual se conectará cada 40,0m a todas las bandejas, mediante conectores de cobre adecuados. En el túnel, por los cárcamos, a lo largo de las bandejas, se instalará el conductor de cobre desnudo, al cual se conectarán las derivaciones de las mallas de puesta a tierra de los nichos de las subestaciones.

La conexión del cable de cobre a las varillas se hará con soldadura exotérmica del tipo adecuado; para la conexión a cajas y tableros se harán con conectores a compresión en forma pernada y se emplearán los elementos y herramientas

adecuadas para cada caso. La instalación se hará sin empalmes entre los puntos de conexión.

El sistema de puesta a tierra estará conformado por electrodos de Copperweld de 1,0 m. y 5/8" de diámetro, dispuestos según se indica en los planos m. y enterrados a 0.15 m. del nivel del piso acabado, unidos entre sí con conductor de cobre desnudo AWG y soldadura exotérmica. La excavación para la colocación de las varillas se hará en forma vertical; las varillas se limpiarán antes de su instalación removiendo pinturas, grasa o cualquier material extraño que pueda introducir una resistencia adicional entre el electrodo y tierra. La perforación se rellenará con bentonita después de colocadas las varillas por lo menos 10 cm alrededor de cada electrodo en un 50% de su longitud, de tal forma que se garantice un buen contacto entre las varillas y su entorno en toda su longitud.

Se construirá una caja de inspección en al menos una de las varillas y ésta se hará en concreto y tendrá tapa removible, de tal forma que puedan realizarse inspecciones futuras del sistema de puesta a tierra.

**1.4.3.7 Elementos de fijación.** Todos los elementos de fijación y todos los elementos metálicos, antes de ser instalados, serán tratados contra la corrosión como se indica en el siguiente procedimiento: A los elementos galvanizados se les deberá eliminar la humedad, la grasa y otros contaminantes, utilizándose un disolvente apropiado. A los demás elementos metálicos se les deberá efectuar una limpieza por medio de chorro abrasivo hasta un grado equivalente a Sa 3 (metal casi blanco) para instalación expuesta a la intemperie y Sa 2 1/2 para superficies en contacto con concreto.

**Pintura base.** Se deberá aplicar una capa de 75 micrones de pintura a base de resina epóxica rica en Zinc, para elementos metálicos galvanizados.

**Pintura de acabado.** A todos los elementos metálicos se les aplicará una capa de 175 micrones de pintura a base de resina epóxica poliamida. El color será sometido a la aprobación de La Sociedad Concesionaria.

#### 1.4.4 Instalaciones electricas temporales

El Contratista suministrará, transportará e instalará todos los equipos, materiales y elementos necesarios para las instalaciones eléctricas temporales de alumbrado y fuerza, de acuerdo con las normas de La Sociedad Concesionaria, las Normas Técnicas Colombianas-NTC-2050 y con la aprobación del La Sociedad Concesionaria o su representante. Las instalaciones eléctricas temporales de

fuerza servirán para todos los equipos, herramientas y bombas de agua si fueren necesarias, que El Contratista requiera para realizar la obra

#### **1.4.5 Inspección y pruebas de fábrica**

**1.4.5.1 Generalidades.** Todos los materiales y equipos estarán sujetos a pruebas de fábrica ejecutadas por El Contratista y a inspección de La Sociedad Concesionaria o del La Sociedad Concesionaria o su representante que ésta designe, durante el período de fabricación, embalaje y entrega. El Contratista, deberá ejecutar sobre los materiales y equipos las pruebas que se requieran de acuerdo con las normas ANSI, IEEE, NEMA y NTC, para lo cual notificará a La Sociedad Concesionaria con la debida anticipación, sobre la fecha de ejecución, tipo y propósito de cualquiera de las pruebas.

Todos los repuestos se someterán a las mismas pruebas de los equipos correspondientes.

En caso de que cualquier material o equipo resulte defectuoso o no cumpla con los requisitos de estas especificaciones, La Sociedad Concesionaria tendrá derecho a rechazarlo o a exigir su corrección por cuenta El Contratista.

Después de efectuadas las pruebas, se suministrarán al La Sociedad Concesionaria o su representante, cuatro (4) copias de los reportes para su aprobación. Los materiales y equipos no se considerarán aceptados hasta que hayan sido aprobados y los reportes de pruebas aceptados. Entre otras se tendrán las siguientes:

**1.4.5.2 Pruebas de los tableros y armarios.** Todos los tableros y armarios serán ensamblados, pintados y ajustados en fábrica. Los tableros eléctricos serán sometidos a las pruebas de rutina del fabricante y a pruebas eléctricas y operacionales, de acuerdo con los requisitos aplicables de las normas NTC, NEMA, IEEE y ANSI. Todo el cableado de los tableros, será probado punto a punto para comprobar la continuidad de los circuitos y será sometido a pruebas dieléctricas de acuerdo con las normas NEMA Pub.No.ICS1, "General Standards for Industrial Control and Systems", parte ICS-1 109. Se probará la operación de todos los mecanismos, enclavamientos, contactos, cerraduras de los tableros y equipos. Cada tablero será revisado en su alineamiento de puertas y equipos, rigidez del conjunto y de los soportes y medios de fijación.. Todos los tableros, serán sometidos a condiciones simuladas de operación conectándolos a fuentes

de energía y señales de control iguales a las de su operación normal, para comprobar su correcto funcionamiento.

**1.4.5.3 Pruebas de las luminarias.** Se harán pruebas a todas las luminarias de cada tipo, completamente ensambladas.

El Contratista deberá presentar antes de su aceptación, catálogos, información técnica y curvas fotométricas que determinen las características de las luminarias, de acuerdo con los planos y con estas especificaciones.

#### **1.4.6 Inspección y pruebas de campo**

**1.4.6.1 Generalidades.** La inspección y las pruebas de las instalaciones eléctricas y de los equipos, deberán dar resultados satisfactorios para el La Sociedad Concesionaria o su representante. Cualquier inspección o prueba que indique el La Sociedad Concesionaria o su representante, se ejecutará, aunque no esté mencionada expresamente en estas especificaciones.

Después de efectuadas las pruebas, se suministrarán al La Sociedad Concesionaria o su representante, cuatro (4) copias de los reportes para su aprobación y aceptación final de la instalación. El Contratista deberá presentar para aprobación del La Sociedad Concesionaria o su representante un plan completo de las inspecciones y pruebas a realizar a las instalaciones, con los respectivos protocolos.

Todos los costos por la realización de las pruebas se deberán incluir en el ítem de pago correspondiente.

**1.4.6.2 Inspección y pruebas del sistema de alumbrado y fuerza.** Todas las pruebas, se realizarán con todos los dispositivos de distribución, tableros, interruptores automáticos y demás elementos constitutivos del sistema de alumbrado y fuerza.

Las pruebas e inspecciones serán como sigue:

Inspección detallada de las conexiones y de los equipos, para comprobar que su instalación se haya ejecutado de acuerdo con los planos, con las instrucciones del fabricante, con las normas y con estas especificaciones.

Pruebas de continuidad de los circuitos y operacionales de los equipos



Medida de la resistencia de aislamiento de todo el equipo eléctrico y del alambrado antes de energizarlo, como sigue:

Línea - Línea, Línea - Neutro, Línea - Tierra y Neutro - Tierra

Los circuitos ramales de iluminación se probarán antes de colocar las lámparas.

Verificación de los directorios de los tableros.

Verificación del calibre de los cables, de acuerdo con el indicado en los planos.

Verificación de la correcta fijación y operación de las luminarias.

**1.4.6.3 Inspección y pruebas de los tableros de alumbrado y fuerza y de los armarios.** Se verificará la correcta instalación y características de todos los dispositivos y aparatos de los tableros y armarios, así como el ajuste y pintura de puertas, bisagras, chapas en general.

En los tableros eléctricos, antes de energizar, se medirá la resistencia de aislamiento de las barras fase a fase, fase a neutro y fase a tierra con los dispositivos de desconexión abiertos. Las mediciones se repetirán con los dispositivos de desconexión cerrados. Se probará la operación de los interruptores automáticos.

#### **Inspección y pruebas del sistema de cableado para la red de datos**

Se probará todo el cableado UTP, con base en el estándar SP-2840-4 norma EIA/TIA 568A, definida para certificación de cableado categoría 6. Las pruebas se realizarán con un Micro Text Penta Scanner.

Para cada una de las salidas se hará la certificación considerando los cuatro pares de cada cable UTP y los siguientes parámetros:

- Continuidad
- Atenuación
- Relación Señal/Ruido -SNR
- Split Pairs, cortos, pares abiertos
- Next (Near and Crosstalk) en frecuencias entre 0.2 y 100 Mhz
- Se verificará la instalación en canaletas y marcación de cada cable a la llegada de cada toma de salida y en la salida del patch panel respectivo

- Inspección de montaje y operación de los armarios con todos los elementos constitutivos de la red

Para los armarios de telecomunicaciones y equipos de la red de datos, se verificará la correcta instalación y características de todos los dispositivos y aparatos, así como su operación.

#### **1.4.7 Presentación de documentos**

El Contratista presentará con anticipación a la iniciación de los trabajos para la aprobación de La Sociedad Concesionaria, los siguientes documentos:

Planos de fabricación de los tableros y los armarios, donde se indique la disposición de elementos, características de los materiales lista y catálogos de cada uno de los elementos y equipos que constituyen cada tablero.

Planos, esquemas de fabricación y montaje o catálogos de: tuberías, canaletas y accesorios, cajas de potencia, cajas de empalme y conduletes, tomacorrientes, conductores, luminarias y balastos, postes, equipos de la red de datos, etc. Todos los materiales y equipos serán aprobados previamente por el La Sociedad Concesionaria o su representante.

Una vez aprobados los materiales y equipos, El Contratista deberá entregar al La Sociedad Concesionaria o su representante una (1) copia de los documentos mencionados en los párrafos anteriores.

Además El Contratista deberá presentar todos los demás documentos indicados en estas especificaciones.

#### **1.4.8 Medida**

La medida para el pago de la ejecución de las instalaciones eléctricas descritas, se hará como se indica a continuación:

**1.4.8.1 Por metro lineal.** La medida para el pago por el suministro e instalación de tuberías, canaletas, bandejas portacables, canalizaciones subterráneas, conductores, cable UTP, con todos sus accesorios y elementos de instalación, se hará por metro lineal real de cada uno de los anteriores elementos



suministrado e instalado, como se indica en los planos o como lo haya señalado el La Sociedad Concesionaria o su representante.

**1.4.8.2 Por unidad.** La medida para el pago por el suministro e instalación de cajas, tableros, armarios de comunicaciones con todos los equipos, tomacorrientes, tomas para salida de datos, cajas de potencia, cajas de distribución subterráneas, postes, luminarias, varillas copperweld, uniones con soldaduras exotérmicas, uniones al acero, conectores de cobre, pararrayos, bajantes, con todos sus accesorios y elementos de instalación se hará por unidad real suministrada e instalada, como se muestra en los planos o como lo indique el La Sociedad Concesionaria o su representante.

**1.4.8.3 Suma Global.** La medida para el pago por la ejecución de las pruebas indicadas en estas especificaciones correspondiente al ítem "Inspección, pruebas y certificaciones de campo", se hará como una suma global por la totalidad de las pruebas y certificaciones.

#### **1.4.9 Pago**

El pago por la ejecución de las instalaciones eléctricas, cableado estructurado, sistemas de puesta a tierra y de protección contra descargas atmosféricas descritas, incluirá el costo de los materiales, embalaje, transporte hasta el sitio de la obra, impuestos, seguros, mano de obra, herramientas, equipos, administración, utilidad y cualquier otro costo directo o indirecto necesarios para ejecutar el trabajo; se hará como se indica a continuación y de acuerdo con los precios cotizados para cada ítem en la lista de cantidades de obra y precios. Estos mismos precios serán aplicables a las instalaciones eléctricas no mostradas en los planos pero ordenadas por el La Sociedad Concesionaria o su representante.

Dentro de los precios unitarios El Contratista incluirá todos los costos en que incurra por la ejecución de inspecciones y pruebas en fábrica, limpieza, reparación o reemplazo de materiales defectuosos o que se dañen durante la instalación. Las cantidades que se dan en la lista de cantidades de obra y precios podrán variar, pero el pago se hará únicamente por los elementos realmente suministrados e instalados, sin que esto dé derecho al contratista a reclamar extensión de plazo o compensación adicional.

**1.4.9.1 Bandejas portacables, Tuberías, canaletas, canalizaciones y accesorios** El pago por el suministro e instalación de tubería para protección de



conductores eléctricos y accesorios, se hará de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítemes de suministro e instalación de "Bandeja portacables, tipo pesada, de 0,60m" el cual incluirá todos los elementos de fijación y accesorios de unión, "Tubería de acero galvanizado semipesada, expuesta", "Tubería de PVC empotrada", "Tubería de PVC expuesta por cielo falso" y "Tubería de PVC enterrada", los cuales incluirán el costo de conduletes, cajas de empalme o salida, uniones, boquillas, tuercas y contratueras, elementos de fijación, tratamiento de protección contra la corrosión, sellos, pegantes, pintura y demás accesorios para su correcta instalación, "Canaletas metálica de 10X5cm", el cual incluirá las tapas lisas y troqueladas, accesorios y elementos de fijación y "Canalizaciones", el cual los precios de las tuberías y accesorios los costos de las excavaciones, los llenos, el concreto, el material de base, el recubrimiento protector y el material de acabado de acuerdo con las normas de Las Empresas Públicas de Medellín, como se indica en los planos o como lo indique el La Sociedad Concesionaria o su representante.

**1.4.9.2 Cajas.** El pago por el suministro e instalación de cajas se hará de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítemes de suministro e instalación de "Cajas de distribución en concreto, para energía", los cuales incluirán el costo de la excavación, los materiales, los herrajes, las tapas y el material de acabado de acuerdo con las normas de Las Empresas Públicas de Medellín, "Cajas de potencia" que incluirán la pintura, tomacorrientes, los interruptores automáticos, elementos de fijación y accesorios, como se indica en los planos o como lo indique el La Sociedad Concesionaria o su representante.

**1.4.9.2 Conductores y cables.** El pago por el suministro e instalación de conductores y cables aislados, se hará de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítemes de suministro e instalación de "Conductores monopolares de cobre, aislados para 600 V, THW", "Cable de cobre encauchetado, aislado para 600 V, THW", "Cable UTP, categoría 6", "Conductor de cable desnudo trenzado, expuesto" y "Conductor de cable desnudo trenzado, enterrado o embebido en concreto" los cuales incluirán la cinta aislante apropiada, el material de empalme, los conectores bimetalicos, los conectores RJ45, las marquillas y correas plásticas, los herrajes y elementos de fijación y demás accesorios necesarios para completar la instalación de acuerdo con las normas de La Sociedad Concesionaria, su representante o como se indica en los planos

**1.4.9.3 Luminarias.** El pago por el suministro e instalación de los diferentes tipos de luminarias se hará de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítemes de suministro e instalación de "Luminarias fluorescentes", "Luminarias Wallpack", "Luminarias industriales", "Reflectores", los cuales incluirán elementos eléctricos, bombillas, balastos, tubos, soportes, conectores bimetálicos para conexión a tierra, tomas y enchufes, fotoceldas, pantalla acrílica, empaques y accesorios para su instalación completa, "Luminarias tipo alumbrado público", el cuales incluirá balastos, pantalla, tubos, soportes, brazos, conectores bimetálicos para conexión a tierra, base para fotocelda, empaques y accesorios para su correcta instalación.

**1.4.9.4 Tomacorrientes e interruptores.** El pago por el suministro e instalación de los diferentes tipos de tomacorrientes e interruptores manuales, se hará por unidad suministrada e instalada, de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítemes de suministro e instalación de "Tomacorrientes monofásicos dobles", "tomacorrientes bifásicos", "Tomacorrientes trifilares", y "Tomacorrientes trifásicos" e "Interruptores manuales" los cuales incluirán las cajas, tapas, elementos de fijación, empaques y todos los accesorios para su correcta instalación, "Tomas para salida de voz y datos" el cual incluirá los Face Plate, conectores RJ45, marquillas y demás accesorios para su correcta instalación.

**1.4.9.5 Tableros y armarios de comunicaciones.** El pago por el suministro e instalación de estos, se hará de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítemes de suministro e instalación de "Tableros de interruptores automáticos", "Tableros de control de alumbrado", los cuales incluirán el costo de cajas, barrajes, alambrado interno, interruptores automáticos, contactores, pulsadores, selectores, pulsadores, borneras de conexión, elementos de fijación, tratamiento de protección contra la corrosión, pintura, y todos los accesorios para su correcta instalación y "Armarios de comunicaciones" el cual incluye los concentradores, distribuidores, Patchpanels, transceivers, organizadores, y demás elementos y accesorios necesarios para soportar la red local de voz y datos. →

**1.4.9.6 Postes.** El pago por el suministro e instalación de los postes se hará de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 al precio unitario establecido en el contrato para el ítem de suministro e instalación de: "Poste de concreto de 12,00 m" el cual incluirán las fundaciones, excavaciones, material de lleno, herrajes, aisladores, vientos, accesorios de instalación y pintura de acuerdo con las normas de La Sociedad Concesionaria, como se indica en los planos o como lo indique el La Sociedad Concesionaria o su representante.

**1.4.9.7 Pararrayos, varillas, uniones con soldadura y conectores.** El pago por el suministro e instalación de estos, se hará de acuerdo con la medida indicada en el numeral 1.4.8 a los precios unitarios establecidos en el contrato para los ítemes de suministro e instalación de "Uniones con soldadura exotérmica", " Conexiones al acero de refuerzo" los cuales incluyen los moldes, las cargas, varillas de acero, soldadura eléctrica, los discos y demás elementos necesarios para una correcta soldadura, " Pararrayos tipo punta de Franklin", " Varillas copperweld" los cuales incluyen los accesorios y elementos de fijación y "Conectores y terminales de fijación a equipos"

**1.4.9.8 Pruebas.** El pago por las pruebas del sistema de alumbrado y fuerza, sistema de conexión a tierra, a transformadores, luminarias y a los tableros se hará de acuerdo a la medida indicada en el numeral 1.4.8 por la suma global establecida en el contrato para el ítem "Pruebas y certificaciones", la cual incluirá el personal para la ejecución de las pruebas, los equipos y herramientas necesarios y la elaboración de protocolos y reportes de pruebas.

**1.4.9.9 Elementos de fijación.** No habrá pago por separado por el suministro e instalación de los elementos metálicos de fijación adicionales de diseño especial, tales como estructuras metálicas, ménsulas, angulares, etc., que se utilicen para soporte, tableros, luminarias, tuberías y demás materiales, éste se incluirá en cada ítem que los requiera.

**1.4.9.10 Instalaciones temporales.** No habrá pago por separado por las instalaciones eléctricas temporales de alumbrado y fuerza que El Contratista requiera, ni por las modificaciones o sostenimiento durante el tiempo que éste las utilice.

## **1.5 SISTEMAS DE CONTROL, SUPERVISIÓN Y SEÑALIZACIÓN DEL TRÁFICO DEL TÚNEL**

### **1.5.1 Alcance**

En este documento se establecen las especificaciones básicas que regirán el diseño del sistema de control, señalización y supervisión.



### **1.5.2 Generalidades**

Los diseños del sistema de control, supervisión y señalización se adelantarán teniendo en cuenta:

- Proveer una alta seguridad para el personal y los equipos.
- Confiabilidad y disponibilidad.
- Eficiencia durante la operación.
- Simplicidad para la operación.
- Mantenibilidad del sistema.
- Flexibilidad para efectuar modificaciones.
- Economía en los equipos, construcción, montaje y mantenimiento.
- Optimización de costos de utilización de energía durante la operación del túnel.

Los equipos que requieran instalarse en el interior del túnel se instalarán en las paredes laterales de tal forma que no interfiera con el gálibo de seguridad. Estos se instalarán lo más cercano posible a los nichos de auxilio de las bahías de parqueo y su visibilidad no debe interferir con otros equipos.

La distribución de las fibras ópticas y del cableado principal se hará en tubería embebida por el piso en un banco de ductos que irá por el lado derecho del túnel (Medellín - Oriente).

En estas especificaciones se dan los requisitos técnicos para el diseño, fabricación, suministro, montaje, pruebas y puesta en operación del sistema de control, supervisión y señalización del túnel de la conexión vial Aburrá-Oriente.

A continuación se describe el alcance general de los trabajos:

- Diseño detallados de los sistemas de control necesarios para la correcta operación del túnel.
- Fabricación y suministro de equipos y materiales necesarios para los sistemas.

- Instalación de todos los equipos, materiales y accesorios de los sistemas.
- Ejecución de pruebas a equipos, materiales y de operación de todos los sistemas.
- Suministro de partes de repuesto requeridos para operación continua en un período de cinco años.
- Suministro de planos detallados, catálogos y toda la información técnica requerida deberá ser suministrada por el Contratista.

A continuación se presenta el esquema correspondiente al control, supervisión y señalización que deberá implementar el Contratista para la operación del túnel de la conexión vial Aburrá-Oriente. Se describen la configuración del sistema de control, los diferentes modos de operación y la operación de los sistemas que deben ser controlados. El esquema o los cambios al esquema de control aquí descrito que El Contratista considere conveniente deberán ser sometidos a aprobación de la interventoría.

*No hay copias*

El control y la señalización del túnel consistirán en un sistema de control digital, el cual presenta la característica de ser física y funcionalmente distribuido, lo que significa que las funciones de control y supervisión estarán repartidas en los diferentes nodos de que se compone el sistema.

Los planos A0-F1-DB-EE-052 Y 053 muestran la configuración del sistema tanto para el túnel como para los cuartos de control de cada portal.

Los planos A0-F1-DB-EE-054, 055 y 056 muestran la ubicación de los equipos y su cantidad mínima. En el caso que el contratista, por su diseño, requiera instalar otros equipos en abscisas diferentes deberá sustentado por el contratista.

La resolución para la hora en todo el sistema deberá de ser de 100 milisegundos.

La alimentación para los equipos es de 120 voltios corriente alterna de 60 hz.

Las salidas de los cables del banco de ductos en ambos portales, la salida de cables de los nichos de auxilio por la parte superior, los pasos de cables entre las bandejas en el centro de control de motores en el segundo piso y la zona de tableros y centro de control, deben ser aislados de tal forma que el sello sea

reutilizable, no sea comestible de roedores y hormigas, de fácil instalación y remoción, soporte el fuego directo por más de una hora y no lo conduzca, no sea higroscópico, rentable, mantenimiento fácil y no permite el paso de humo, polvo y gases.

El cableado entre los diferentes equipos y sensores a las unidades terminales remotas deberá realizarlo el contratista del sistema de señalización, supervisión y control. Deberá, además, hacer la coordinación con los contratistas de los diferentes sistemas para el conexionado.

### **1.5.3 Normas**

Todos los trabajos de diseño, montaje y puesta en operación del sistema de Control, Supervisión y señalización del túnel se elaborarán de acuerdo con lo establecido en este documento y en las últimas versiones de las normas y códigos publicados, que aplican, para túneles de entidades reconocidas tales como:

American National Standards Institute ANSI

Comité internacional de Iluminación CIE

International Organization for Standardization ISO

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC

International Electrotechnical Commission (F.O:794) IEC

Institute of Electrical and Electronic Engineers IEEE

National Electric Code NEC

Illuminating Engineering Society IES

National Electric Manufacturers Association NEMA

National Fire Protection Association NFPA

Committee on Road Tunnels PIARC

Internet Request for Comments - Red Local RFC



(definiciones escritas de protocolos y pólizas de la Internet)

International Telecommunication Union ITU-TS

Federal Highway Administration FHWA

National Television Standards Committee - Video NTSC

Insulated Cable Engineers Association, USA ICEA

American Society for Testing and Materials ASTM  
Otros.

Todos los equipos y materiales de los sistemas de control y supervisión serán nuevos, de la mejor calidad, serán productos de fabricante reconocidos.

#### **1.5.4 Planos y documentos**

El Contratista deberá entregar planos detallados sobre la estructura o configuración de los diferentes sistemas, por separado y con sus debidas interfases, que están involucrados en el control señalización y supervisión para el túnel y para el cuarto de control. También, deberá entregar planos de disposición de todos los equipos como unidades terminales remotas, equipos, sensores, medidores, interfases, tipo y calibre de los cables, etc. Tanto del interior como del exterior del túnel.

Los documentos a entregar por parte del contratista son descripción de la configuración, del funcionamiento, protocolos, catálogos de los equipos y de los cables y toda la información técnica que se requiera.

#### **1.5.5 Configuración del sistema de control del túnel**

El control y la señalización del túnel consistirán en un sistema de control digital, el cual presenta la característica de ser física y funcionalmente distribuido, lo que significa que las funciones de control y supervisión estarán repartidas en los diferentes nodos que componen el sistema.

El sistema estará conformado por dos centros de control ubicados en cada edificio de control de cada portal del túnel.



Cada centro o cuarto de control dispondrá de:

- Interfase hombre – máquina con su CPU, teclado, dos monitores de vídeo a color, uno de 17" para el despliegue gráfico y otro de 14" para indicación de alarmas y eventos, dispositivo de posicionamiento del cursor (mouse), memorias, almacenamiento masivo de datos para bases de datos, drives, etc.
- Procesador de comunicaciones que reúne toda la información de las estaciones maestras y las distribuye a la interfase hombre - máquina. Este procesador debe tener entrada para sincronización horaria por satélite por medio de una canal IRIC-B. El procesador de comunicaciones a través de las líneas de comunicación dará la hora a las estaciones maestras y estas a su vez darán la hora a las unidades terminales remotas.
- Planta y Consola de operación de la planta telefónica.
- Consola de operación del sistema de altavoces.
- Tres impresoras, de eventos, reportes y alarmas.
- Sistema de circuito cerrado de televisión y consta de pantallas, PC, mixer, multiplexor, VCR, consola para control de las cámaras, conversores electro-ópticos, etc.
- Panel de alarmas del sistema contra incendio y PC.
- Equipo para sincronización horaria por satélite.

En la pantalla de 17" para el despliegue gráfico de los sistemas y por zonas se hará por páginas y en el caso de una alarma de alguno de los sistemas, la página donde se indicará la alarma deberá mostrarse automáticamente.

En la pantalla de 14" se registrará todos los eventos, alarmas y emisión de comando con fecha y hora. Toda esta información deberá quedar almacenada en un dispositivo de almacenamiento masivo (Hard Disk) donde periódicamente se deberá poder sacar respaldo o copia de esta información.

Además de los dos centros de control, se dispondrá un sistema supervisorio de control y adquisición de datos, compuesto por unidades terminales remotas (UTR), ubicadas en el interior del túnel y enlazadas a alta velocidad a través de



fibra óptica con las estaciones maestras en una configuración de doble cable de fibra óptica. Las estaciones maestras estarán ubicadas en el centro de control y unidas con la interfase hombre-máquina a través de un procesador de comunicaciones. Cada estación maestra contará con la interfase necesaria para comunicarse con las demás estaciones maestras. Ver planos AO-F1-DB-EE-052 y 053.

Para cada sistema, cada unidad terminal remota obtendrá información de las demás a través de las estaciones maestras por el enlace de fibra óptica. Cada unidad terminal remota (UTR) con su propio "software" almacenará sus propios datos y podrá tomar decisiones en el evento que pierda la comunicación con la estación maestra. La UTR en la pérdida de comunicación por fibra óptica trabajará como si el sistema tuviera las peores condiciones y dará ordenes para una operación segura. →

La comunicación entre los equipos y sensores en el túnel se hará por medio de puertos seriales o por medio de entradas análogas o digitales. Cada UTR Tendrá una batería, CPU, puertos de comunicaciones, fuente, entradas y salidas digitales y análogas.

Las unidades terminales remotas cubrirán una longitud de menos de un kilometro a ambos lados. Las unidades terminales remotas de los portales cubrirán menos de un kilometro dentro del túnel y toda la señalización y control exterior a cada portal.

Cada unidad terminal remota tendrá entrada y salida duplicadas para poderse conectar a los dos cables de fibra óptica.

El sistema de señalización, control y del tráfico contará, en la mayoría de sistemas, con cuatro niveles o modos de operación:

- Automático - Remoto
- Manual - Remoto
- Automático - Local
- Manual - Local

El sistema de control y supervisión tendrá unidades de proceso que realizarán el control de los diferentes sistemas del túnel; permitirá realizar en operación normal un control Automático Remoto coordinado de todos los sistemas que conforman el túnel desde las estaciones maestras; además el operador podrá realizar el control Manual Remoto de equipos y supervisar todos los elementos de señalización dentro del túnel a través de interfases gráficas (interfase Hombre - Máquina) ubicadas en los cuartos de control de cada uno de los portales de acceso al túnel. Cada sistema se podrá operar en forma Manual Local para condiciones de anomalía, prueba o mantenimiento desde cada tablero o equipo. El otro modo es el automático local que realizarán las unidades terminales remotas (UTR) en el evento de un daño en la estación maestra correspondiente.

Sobre los siguientes sistemas se ejercerá control, supervisión y señalización:

- Ventilación
- Señalización de tráfico
- Iluminación
- Suministro de energía eléctrica
- Detección de tráfico
- Puntos de auxilio (SOS)
- Circuito cerrado de televisión
- Control del gálibo
- Detección y alarmas de incendio
- Telefonía
- Altavoces
- Comunicaciones



El sistema de comunicaciones será independiente de los equipos de control, supervisión y señalización.

El sistema de telefonía es independiente de los equipos de control, supervisión y señalización pero con las interfases necesarias con los demás equipos en especial con el circuito cerrado de televisión.

El sistema de altavoces podrá hacer parte del sistema de telefonía.

Cada estación maestra tiene su interfase con las demás para poder hacer un control automático remoto.

La información del sistema contra incendio, sistema del circuito cerrado de televisión y el sistema de telefonía debe hacerse a nivel de contactos libres de potencial.

Los elementos de cada sistema en el interior del túnel deberán ser instalados de tal forma que no impida el tráfico de vehículos en forma parcial o total en actividades de reparación o mantenimiento.

Cualquier alarma sonora o visual o sonora - visual debe cumplir con los procedimientos de reconocer, silenciar y reposición del estado de alarma. Inmediatamente deberá ser impresa en la impresora de alarmas.

Se tienen siete sitios para recolección de información en el interior del túnel en los llamados nichos de auxilio y control donde estarán los UTR de cada sistema.

En la abscisa Km 10+423,50:

- UTR para ventilación
- UTR para Iluminación
- UTR para señalización y detección de tráfico, control de gálibo y nichos de auxilio
- UTR para contra incendio
- UTR para suministro de energía

En la abscisa Km 12+023,50:

- UTR para ventilación
- UTR para Iluminación
- UTR para señalización y detección de tráfico, control de gálibo y nichos de auxilio
- UTR para contra incendio
- UTR para suministro de energía

En la abscisa Km 13+223,50:

- UTR para ventilación
- UTR para Iluminación
- UTR para señalización y detección de tráfico, control de gálibo y nichos de auxilio
- UTR para contra incendio

En la abscisa Km 14+423,50:

- UTR para ventilación
- UTR para Iluminación
- UTR para señalización y detección de tráfico, control de gálibo y nichos de auxilio
- UTR para contra incendio
- UTR para suministro de energía

En la abscisa Km 15+623,50:

- UTR para ventilación
- UTR para Iluminación
- UTR para señalización y detección de tráfico, control de gálibo y nichos de auxilio
- UTR para contra incendio

En la abscisa Km 16+823,50:

- UTR para ventilación
- UTR para Iluminación
- UTR para señalización y detección de tráfico, control de gálibo y nichos de auxilio
- UTR para contra incendio
- UTR para suministro de energía

En la abscisa Km 18+423,50:

- UTR para ventilación
- UTR para Iluminación
- UTR para señalización y detección de tráfico, control de gálibo y nichos de auxilio
- UTR para contra incendio
- UTR para suministro de energía

Estas UTR tienen doble canal (A y B) de comunicaciones para fibra óptica. Los canales A se conectarán a una fibra óptica y los canales B a la otra.



Para sistema, las fibras de los canales A y B llegarán a las estaciones maestras correspondientes a dos puertos de comunicaciones

Los sistemas de circuito cerrado de TV, telefonía, altavoces y comunicaciones van por separado en cables de fibra óptica.

### 1.5.6 Modos de operación

- **Automático-Remoto.** Este nivel o modo de operación será el funcionamiento normal del sistema de control y operará desde cualquiera de los dos centros o cuartos de control, ubicados cada uno en los portales del túnel.

El centro de control ubicado en el portal occidental será el que en condiciones normales de operación, tendrá a su cargo el control. En caso de falla, la función del control será transferida automáticamente al centro de control del portal oriental.

Lo anterior es posible debido a que los cuartos de control trabajan bajo el esquema de "Hot Stand-By" lo que quiere decir que cada cuarto tiene sus sistemas con los datos actualizados y el que está en "stand-by" puede en cualquier momento entrar a operar el túnel sin esperar actualizaciones del otro cuarto.

El cuarto de control que no tiene el manejo del túnel, que normalmente será el del portal oriental, tendrá todos los datos actualizados y solo podrá hacer supervisión.

En este modo de operación las funciones a través de cada interfase hombre - máquina serán las de visualizar el estado de la instalación, selección de parámetros de funcionamiento, edición de informes, visualización de alarmas e impresión de gráficos, alarmas, reportes y eventos.

- **Manual-Remoto.** En este modo de operación se podrá operar desde las interfase hombre - máquina respectiva a través del teclado y del dispositivo de posicionamiento del cursor. Este modo se usará para cambiar una parámetro o "set point" o prender o apagar algún equipo sobre el que se realice control, silenciar y reconocer eventos de alarma o realizar comandos remotos a los diferentes equipos de cada sistema de control.



La operación de un sistema en modo Manual - Remoto no afecta la operación de los demás sistemas que se encuentren en Automático remoto.

- **Automático-Local.** El mando automático-local se realizará a través del sistema supervisorio de control y adquisición de datos. Este modo se realizará desde la unidad terminal remota (UTR) con la información a través de la interfase con los otros sistemas.

Tanto las estaciones maestras como las unidades terminales remotas tendrán los algoritmos de control que manejarán los diferentes sistemas de que se compone el túnel. Cada unidad terminal remota tendrá la información de la UTR vecinas.

- **Manual-Local.** El mando manual-local se realizará a través de tableros de control local distribuidos de la misma forma que las unidades terminales remotas. Desde estos tableros se podrán probar y poner en marcha los elementos de la zona.

En este nivel de operación se tendrá solo en el cuarto de control, lo que las redes de comunicación permita.

## 1.5.7 Operación de los sistemas

**1.5.7.1 Sistema de ventilación.** Será del tipo semitransversal y estará conformado por dos ventiladores para suministro de aire dispuestos en cada boca del túnel, una compuerta motorizada en el medio del túnel, medidores de CO, medidores de visibilidad y anemómetros. La disposición y cantidad de equipos y medidores indicados en los planos A0-F1-DB-EE-053, 054 Y 055 es la mínima. En el caso que el Contratista requiera instalar otro equipo o medidor debe sustentarlo y mostrar un diagrama de instalación detallado para aprobación.

En cada portal se tienen dos ventiladores axiales reversibles con control de velocidad continuo entre el 20% y el 100%

Cada uno de los medidores de CO, VIS y ANE se conectará a la unidad terminal remota más próxima.

La filosofía del control del sistema de ventilación se basa en el cálculo permanente del caudal de aire fresco necesario para mantener el nivel de CO y el nivel de visibilidad por debajo de los valores prefijados.

Se mantendrán los niveles de CO y de visibilidad dentro de unos rangos, de tal forma que se eviten las maniobras continuas de arranque/parada de los ventiladores cuando los niveles estén próximos a los valores prefijados.

Los anemómetros son para indicar la velocidad y dirección de ventilación. Estos están ubicados con separación de un kilometro y se conectarán a la unidad terminal remota más cercana.

La orden de cambio de giro se realizará en caso de un incendio comprobado y se realizará manualmente desde los propios tableros de control de los ventiladores o desde la interfase hombre – máquina.

En caso de falla del suministro eléctrico, se deberá seleccionar el número de ventiladores que se pueden mantener y arrancar con la potencia disponible. Si se necesitan más ventiladores y el nivel de CO sobrepasa el valor máximo prefijado, se dará la orden a través de las estaciones maestras al sistema de señalización del tráfico para disminuir la cantidad de vehículos que entren al túnel o de cerrarlo, según el caso.

En el caso de que estén funcionando los cuatro ventiladores y uno de ellos falle, la compuerta motorizada se abrirá para compensar la perdida del ventilador y si es necesario disminuir la cantidad de carros que ingresan al túnel.

Normalmente funciona un ventilador de cada portal y el otro queda en reserva.

En el modo de funcionamiento automático - remoto y automático - local, las unidades terminales remotas en conjunto con las estaciones maestras deberán producir en tiempo real los perfiles de CO y de visibilidad, en forma tal que si se superan los valores prefijados se proceda al arranque del otro ventilador o se eleve la velocidad del ventilador en funcionamiento.

En el modo manual - remoto, el operador del centro de control podrá, manualmente, a través del teclado y del dispositivo de posicionamiento del cursor, dar la orden de arranque - parada de cada una de los ventiladores que considere necesarios y que el sistema de suministro eléctrico permita y variar la velocidad de ellos.

En el modo de funcionamiento Local - Manual, el operador, a través del tablero de control asociado a las estaciones remotas, podrá poner en marcha o parar uno o los dos ventiladores o variar la velocidad de acuerdo como lo indiquen los manuales de operación del túnel.



La unidad terminal remota hará supervisión, señalización y control de los motores de los ventiladores a través del tablero de control de estos.

En las UTR se debe prever las entradas y salidas análogas y digitales de reserva, para dos ventiladores nuevos en un futuro para cada portal.

**1.5.7.2 Sistema de iluminación.** El sistema de iluminación estará conformado por luminarias dispuestas en las diferentes zonas de iluminación a lo largo del túnel. Estas zonas son:

- Zonas de entrada o umbral
- Zona de transición
- Zona central
- Zona de salida

Además de la iluminación normal, se dispondrá de un sistema de iluminación de emergencia, el cual estará alimentado permanentemente por las unidades ininterrumpibles de potencia (UPS), de cada subestación y de cada portal.

Se instalará un luminancímetro en cada portal dirigido hacia el portal mismo. La distancia entre cada portal y cada luminancímetro es de aproximadamente 90 m. Este equipo se conectará a la unidad terminal remota más próxima al portal.

En el modo de funcionamiento automático - remoto las estaciones maestras darán las ordenes de encendido o pagado de las luminarias de acuerdo con la información del horario, el nivel de luminosidad en el exterior del túnel de acuerdo con los rangos o parámetro previamente fijados y la información del sistema de suministro de energía. Con esto se busca que los conductores que ingresen al túnel entren visualmente cómodos y no tengan que bajar la velocidad.

El caso de falla en el sistema de iluminación, el sistema de tráfico permitirá una entrada de menor cantidad de vehículos de acuerdo con parámetros previamente fijados.



Se debe evitar maniobras continuas de encendido y apagado de circuitos de luminarias cuando se este próximo al límite de cambio.

En modo de funcionamiento automático local, las unidades terminales remotas manejarán los niveles de iluminación de todo el recorrido del túnel de acuerdo con los parámetros de iluminación previamente fijados. Las unidades terminales remotas con base en la información del horario, medidores de iluminación (luminancímetro) y el sistema de suministro eléctrico, tomarán las acciones correspondientes.

En el modo de funcionamiento manual - remoto el operador del centro de control podrá manualmente, a través del teclado y del dispositivo de posicionamiento del cursor, dar orden de encendido o apagado al número de circuitos de luminarias que para determinada situación se tengan asignadas.

En el modo de funcionamiento local-manual, el operador, desde los tableros de control asociados a cada estación remota, podrá dar orden de encendido o apagado al número de luminarias que para determinada situación se tenga previsto.

El luminancímetro se conectará con la unidad terminal remota a través de un puerto de comunicaciones digital a dos hilos en un standard RS-485,

Los tableros TAN (tablero de alumbrado normal) y TAE (tablero de alumbrado de emergencia) se conectarán con la unidad terminal remota más cercana.

La disposición y cantidad de equipos y medidores indicados en los planos A0-F1-DB-EE-053, 054 Y 055 es la mínima.

**1.5.7.3 Sistema de suministro eléctrico.** El sistema de suministro eléctrico estará conformado por dos líneas a 13.2 kV, donde estas llegarán hasta cada portal para alimentar una subestación principal en los portales. De cada subestación principal se alimentarán subestaciones en tres sitios dentro del túnel.

En cada cuarto de control se debe tener información de anunciación y señalización para todas las celdas de 13.2 kV, celdas de 480 V, celdas de 220 V, plantas diesel y posición del carro (extraído, prueba y conectado). Para el control de las plantas diesel es necesario comandos de abrir y cerrar interruptor y la anunciación y señalización de bajo combustible. Estas señales y comandos se llevarán a la unidad terminal remota más cercana.



Se debe tener en cuenta la colocación de una segunda planta diesel de emergencia en un futuro en ambos portales.

En los modos de funcionamiento automático - remoto y automático - local, las unidades terminales remotas en conjunto con la estación maestra activa se encargarán de la supervisión de las subestaciones. Sus funciones serán las de recolección, procesamiento y transmisión de información, supervisión de enclavamientos y accionamiento de equipos. En estos modos la planta diesel deberá entrar automáticamente, en caso de falla del suministro eléctrico normal.

En el modo de funcionamiento manual - local, el operador desde los tableros de control de la subestación podrá operar manualmente las subestaciones.

La disposición y cantidad de equipos y medidores indicados en los planos A0-F1-DB-EE-053, 054 Y 055 es la mínima.

**1.5.7.4 Sistema de detección de tráfico.** El sistema de detección de tráfico estará conformado por un sistema de lazos inductivos embebidos en el pavimento en cada vía del túnel.

El sistema de detección de tráfico permitirá la recolección de información sobre la velocidad de los vehículos, conteo de vehículos, tiempos de ocupación, sentido y detección de incidentes.

Toda esta información es enviada desde las unidades terminales remotas a su estación maestra activa, la cual tomará las acciones que correspondan como son la confirmación de incidentes, accionamiento de señales para disminución de velocidad, empaquetamiento del tráfico con su correspondiente señalización y confirmación de fin de incidente.

Este sistema tendrá solamente dos modos de funcionamiento, automático - remoto y automático local.

Los equipos de detección de tráfico se conectarán a la unidad terminal remota más próxima.

La disposición y cantidad de equipos y medidores indicados en los planos A0-F1-DB-EE-053, 054 Y 055 es la mínima.

**1.5.7.5 Sistema de puntos de auxilio.** Se ha previsto el uso de 81 puntos de auxilio intercalados en ambos lados de la vía cada 100 m, los cuales dispondrán de:

- 1 pulsador de alarma manual con indicador luminoso de la actuación
- 1 extintor
- 1 teléfono para comunicación con el centro de control
- 1 tomacorriente
- 1 Sensor para detectar cuando se retira el extintor

Los equipos que hacen parte del sistema de señalización, supervisión y control son:

- 1 pulsador de alarma manual con indicador luminoso de la actuación
- 1 teléfono para comunicación con el centro de control
- 1 Sensor para detectar cuando se retira el extintor

El teléfono hace parte del sistema de telefonía que se indicará más adelante.

Los pulsadores manuales de alarma deben ser diseñados y construidos para operación libre de fallas y cerramiento nema 4X. Además deberán incorporar una luz local para indicarle a la persona que lo opera, que efectivamente actuó.

Cada uno de estos elementos (sensor y pulsador) del nichos de auxilio que hacen parte del sistema de control se conectarán a la unidad terminal remota más cercana.

Este sistema tiene dos modos de operación automático remoto y automático local.

Cuando se esté operando en modo de funcionamiento automático - remoto, el accionamiento de cualquier pulsador de alarma o el retiro de cualquier extintor, será detectado por la estación remota respectiva, la cual hará que se señalice una alarma de manera visual en la unidad de vídeo de la interfase hombre - máquina de control y de manera sonora en la misma interfase. Por medio de la interfase



con el sistema de CCTV, las dos cámaras más cercanas se deben orientar automáticamente hacia el nicho de auxilio donde se originó el evento.

Cuando se esté operando en modo de funcionamiento automático-local, el accionamiento de cualquier pulsador de alarma o el retiro de cualquier extintor, será detectado por la estación remota respectiva, la cual hará que se señalice de manera sonora en el edificio de control, a través de alarma.

**1.5.7.6 Sistema de circuito cerrado de televisión.** La función del circuito cerrado de televisión será la de complementar el sistema de control, dándoles a los operarios la posibilidad de constatar las alarmas emitidas por el sistema, controlar su evolución y obtener a través de la visión, información de incidentes en el interior del túnel o de los portales.

En cada centro de control se tiene prevista la utilización de cinco monitores a color de 21" de alta resolución y cuatro monitores a color de 15" de alta resolución, para la presentación de las imágenes de las cámaras a lo largo del túnel para visualización de alarmas y grabaciones. En los centro de control de los portales debe haber una VCR, mixer, unidad de control, etc.

Cada monitor de 21" debe visualizar 4 cámaras del interior del túnel y la pantalla del monitor dividida en cuatro. Los monitores de 14" tendrán imágenes fijas y corresponderán a las cuatro cámaras ubicadas en todo el portal y 100 metros antes de este, en cada lado del túnel.

Las cámaras se colocarán alternativamente a lado y lado de la vía. Su separación es de 400 metros. La ubicación está dada en los planos A0-F1-DB-EE-053, 054 Y 055. Esta ubicación es como mínima. Si el contratista requiere instalar más cámaras deberá ser sustentado por escrito exponiendo técnicamente el motivo. Las cámaras deben tener controles de PAN/TILT rápidos con control automático y manual desde el centro de control, housing con nivel de cerramiento 4X o tipo domo, calefacción para evitar el empañamiento y ZOOM e IRIS automático y/o manual. La comunicación de datos y control se hará por fibra óptica.

El tipo de fibra óptica deberá ser de acuerdo con el tipo de equipos a instalar y deberá ser tendido por el contratista por el banco de ductos en el costado derecho del túnel.

En modo de funcionamiento normal las cámaras del lado derecho del túnel estarán orientadas en un sentido y las del lado izquierdo en sentido contrario. En caso de alguna alarma, las dos cámaras más cercanas deberán dirigirse

automáticamente para enfocar el sitio del evento. Las imágenes de las dos cámaras que están enfocando el sitio de la alarma deberán ser identificadas fácilmente en los monitores.

El sistema del circuito cerrado de televisión deberá poder restablecer la posición de las dos cámaras de la alarma una vez sea eliminado el evento.

El nivel de iluminación en interior del túnel será como mínimo de 2 lux.

El sistema deberá por grabar continuamente, a color y en formato real, las 24 horas del día la totalidad de las cámaras con su respectiva identificación.

El sistema tendrá integrado una computadora con su respectivo monitor, teclado, drives, hard disk, memorias, unidad de CD, mouse, etc. y "software" para el manejo e identificación de cada cámara, el diagrama del túnel y el almacenamiento de eventos y alarmas.

El sistema de CCTV tendrá una computadora (PC) donde se tendrán despliegues de alarmas, esquemas de ubicación, configuración del sistema, operación de las cámaras y manejo de "password". Cuando una alarma se produzca en el monitor se podrá observar las imágenes de las dos cámaras que están enfocando el problema con su respectiva ubicación. Las imágenes de los monitores y del PC deben ser claramente identificadas. El software deberá ser para windows NT. El PC deberá ser nuevo, actualizado, y de una marca reconocida a nivel mundial.

La información de cada cámara deberá ir por fibra óptica independiente a cada portal.

El sistema podrá tener incluido la parte del sistema de altavoces.

El sistema de circuito cerrado de televisión tendrá dos modos de operación, desde el centro de control:

- Automático
- Manual

En el modo automático, el sistema de control se encargará de la visualización y posicionamiento automático de las cámaras en el caso de incidentes o alarmas que se presenten en el túnel.

En el modo manual será el operador a través del teclado de control de las cámaras quien ajustará la posición y el enfoque de cualquiera de las cámaras.

Los planos de ubicación de equipos en el interior del túnel muestran que las cámaras se ubicarán como mínimo al frente de cada bahía de parqueo con el fin de poder identificar el vehículo que se estacione en la bahía.

**1.5.7.7 Sistema de control de gálibo.** El sistema de control del gálibo estará conformado por un equipo controlador de altura electrónico, compatible con las estaciones remotas y un equipo de control del gálibo mecánico.

El equipo de control de gálibo de altura mecánico se instalará cerca de donde comienza la vía.

El equipo para el control electrónico de gálibo de altura será conectado a la unidad terminal remota más cercana.

El control de gálibo electrónico será de barrera infrarroja o por láser con emisor y receptor y cubre todo el ancho de la vía. Su ubicación será acordada según el manual de operación del túnel y será cerca del peaje. El sistema trabajará en conjunto con un lazo inductivo embebido en el pavimento para indicar el paso de un vehículo.

La filosofía del control automático del gálibo se basa en el corte que haga determinado vehículo con exceso de altura del haz de rayos infrarrojos o láser y la activación del detector de lazo inductivo.

En el exterior del túnel, en cada portal, deberá existir una alarma sonora para el aviso al personal operativo del túnel con un alcance de unos 100 metros y deberá ser para funcionamiento a la intemperie. En el cuarto de control se tendrá una alarma audiovisual con un botón de reconocimiento de la situación que silenciará la alarma y la parte visual seguirá encendida hasta que el problema desaparezca.

En el modo de funcionamiento automático - remoto, al recibir la información de exceso de altura, las estaciones maestras darán la orden a la unidad terminal remota del sistema de señalización de tráfico la respectiva orden de parada al vehículo por medio de los semáforos y avisos alfanuméricos y en el monitor de la interfase hombre - máquina deberá ser presentada la alarma, impresa en la impresora de alarmas con fecha y hora y una señal visual y auditiva en el cuarto de control deberá ser activada. En el monitor deberá ser reconocida la alarma con



una respuesta de silenciamiento de la alarma auditiva y la alarma visual seguirá hasta que la violación del gálibo de altura sea eliminada. La alarma sonora en el exterior del túnel se activará hasta que sea reconocida la alarma en el centro de control.

En el modo de funcionamiento automático-local, las unidades terminales remotas se encargarán de ejecutar la secuencia de control para la señalización de paro del vehículo por medio de los semáforos y avisos alfanuméricos, con la correspondiente activación de alarma sonora. Esta alarma sonora será activa hasta por 30 segundos o hasta que control de gálibo electrónico no sense el vehículo.

El valor en decibeles de la alarma sonora deben estar de acuerdo con las normas de contaminación ambiental.

**1.5.7.8 Sistema de detección y alarmas de incendios.** El sistema estará conformado por detectores de humo y detectores de calor lineal conectados a las estaciones remotas más cercanas en interior y exterior del túnel. Para el edificio se tienen sensores de humo y pulsadores de alarma manuales conector al tablero del sistema Contraincendio.

En cada una de las subestaciones eléctricas se instalarán detectores de humos. El número de detectores por cada subestación es de tres y solo en el área de tableros.

En las subestaciones principales, en cada portal, se tienen 3 sensores de humo sobre los tableros y cable detector lineal de calor para los transformadores. El pulsador manual de alarma, a la entrada de la subestación, como en el interior del túnel, hace parte de otro sistema.

A lo largo del recorrido del túnel y en ambos lados, se instalarán cables detectores lineales calor conectados directamente a la unidad terminal remota más próxima. El equipo debe indicar, en metros, el punto en el cual detectó el incendio.

El número y posición de los detectores está indicado en los planos A0-F1-DB-EE-053, 054 Y 055. Esta cantidad y posición son las mínimas. Si el contratista requiere más deberá sustentarlo por escrito para su respectiva autorización.

El centro de control dispondrá de un tablero y panel de alarmas, que contendrá todos los elementos necesarios para señalar de manera luminosa y sonora los



estados operacionales y alarmas generados por todos y cada uno de los detectores del sistema contra incendio.

Este sistema tendrá su interfase con el sistema de circuito cerrado de televisión para que con la medida del cable detector lineal de calor o del detector de humo, las cámaras más cercanas se orienten y enfoquen este punto.

El funcionamiento del sistema será totalmente independiente del sistema de control del túnel.

El sistema contra incendio dará las respectivas señales al sistema de señalización de tráfico para parar el tráfico que entra al túnel. Las alarmas deberán ser registradas en la impresora de alarma con fecha y hora. El reconocimiento de la alarma deberá ser registrado en la memoria o base de datos con fecha y hora.

El sistema contará con un PC donde se indicará la ubicación de la alarma, esquemas del sistema, reportes de alarma con fecha y hora, almacenamiento de alarmas, adición o cancelación de sensores de humo, programación y cambio de parámetros del sistema y manejo de "password".

En el modo de funcionamiento automático - remoto será el modo normal, las unidades terminales remotas reportarán a las estaciones maestras de control el estado normal o de alarma, de los diferentes detectores de humo o del cable detector lineal de calor.

En el modo de funcionamiento automático - local, por medio de las interfases con las demás unidades terminales remotas enviará los eventos al cuarto de control el sistema de detección y alarmas reportará su estado a través del panel de incendio.

**1.5.7.9 Sistema de señalización del tráfico.** El sistema de señalización estará conformado por los siguientes elementos y señales de tráfico:

- Semáforos rojo intermitente - amarillo - verde de 200 mm de diámetro, en el interior del túnel.
- Semáforos rojo intermitente - amarillo - verde de 300 mm de diámetro, en el exterior del túnel.
- Señales con indicaciones de velocidad a 45 km/h y a 25 km/h



- Semáforo amarillo intermitente como indicación de precaución/parar.
- Avisos alfanuméricos.
- Señales informativas y restrictivas.

Las señales informativas estarán conformadas por señales de tráfico convencionales que indiquen la proximidad del túnel y estarán ubicadas en la vía exterior a éste.

Las señales restrictivas estarán dadas por señales de tránsito convencionales, ubicadas en el exterior del túnel, indicando la velocidad máxima permitida de ingreso al túnel, además de la altura máxima permitida.

Los avisos alfanuméricos son para reforzar la información de los semáforos informando sobre ubicación de accidentes, avisos institucionales, velocidad máxima permitida, túnel abierto o cerrado, información de hora y temperatura, etc.

Este manejo estará basado en la información que suministren los sistemas de detección de vehículos, ventilación, suministro eléctrico, iluminación, conrainingendio y puntos de auxilio.

En el modo de funcionamiento automático - remoto, las señales serán manejadas por la estacione maestra.

En el modo de funcionamiento automático - local, las señales serán manejadas por las unidades terminales remotas.

En el modo de funcionamiento manual - remoto, las señales serán manejadas a voluntad del operario a través del teclado y del dispositivo de posicionamiento del cursor, dar la orden de accionamiento de las diferentes señales de tráfico de acuerdo con el manual de operación, por medio de la interfase hombre - máquina que a su vez envía la información a la estación maestra y después a la unidad terminal remota.

El sistema de detección de vehículos generará la orden de semáforos en amarillo y señales de alerta - peligro antes de la ubicación del incidente, y la orden de semáforos en rojo intermitente, ante la detección de velocidad de flujo vehicular inferior a un valor previamente fijado.

El sistema de ventilación generará la orden de cerrar el túnel con semáforos en rojo intermitente en las bocas del túnel, si se sobrepasan los límites de CO, anemómetros y de visibilidad prefijados; la orden de control de tráfico por paquetes que abran y cierren el túnel a intervalos de tiempo con semáforos en rojo y señales de alerta - peligro cuando el sistema de ventilación esté en funcionamiento degradado por falla, falta de potencia o labores de mantenimiento.

El sistema de iluminación generará la orden de semáforos en amarillo y limitación de velocidad ante falla de la iluminación en las bocas del túnel.

El sistema de puntos de auxilio generará la orden de semáforo en amarillo intermitente y señales de limitación de velocidad cuando se accione el pulsador de alarmas o se retire un extintor.

Cada elemento del sistema de señalización de tráfico se conectará a la unidad terminal remota más cercana.

#### **1.5.7.10 Sistema de telefonía para el interior del túnel. Estará conformado:**

- Central telefónica automática
- Distribuidor telefónico
- Aparato de operadora o consola
- Aparatos telefónicos.

La central telefónica estará ubicada en cada edificio de control. Será una central telefónica automática y dispondrá de 86 extensiones. Su conformación será modular, con fácil expandibilidad, digital, flexibilidad en la programación, etc.

El suministro y montaje de los equipos y líneas telefónicas desde cada punto de auxilio hasta la central telefónica, será de entera responsabilidad del Contratista.

El distribuidor telefónico será la conexión entre la planta telefónica y los 86 teléfonos tanto en el interior como en el exterior del túnel.



En cada centro de control de cada portal se deberá instalar una consola para poder responder al llamado de cada punto de auxilio. La consola deberá poder identificar cual es el punto de SOS que está llamando.

Se ha previsto el empleo de 86 extensiones para los nichos de auxilio y subestaciones eléctricas en el interior del túnel y en las subestaciones principales en los portales.

El sistema de telefonía se encargará de unir los teléfonos con los dos centros de control.

Al levantar un teléfono de un nicho de auxilio este debe emitir una señal de alarma visual y auditiva en la sala de control activa.

Desde el teléfono solo se puede comunicar con el cuarto de control.

El sistema de telefonía tendrá una interfase con el sistema de circuito cerrado de televisión para que cuando se levante un teléfono, las dos cámaras más cercanas enfocarán el nicho de auxilio de donde se originó la llamada. Este modo de funcionamiento es único y se denomina automático - remoto.

La planta telefónica será independiente de la planta telefónica de los edificios.

En el caso de una emergencia por cualquier alarma, el centro de control se comunicará con las brigadas de auxilio como bomberos, ambulancia, policía, etc. por medio de los teléfonos de la planta administrativa que estarán en el cuarto de control.

**1.5.7.11 Sistema de altavoces.** Cada edificio de control tendrá un sistema de altavoces con su respectiva consola.

El sistema estará ubicado en cada bahía de parqueo y constará de un altavoz y un micrófono para poder consultar al conductor de un vehículo que pare en cualquier bahía.

Para los altavoces se debe tener en cuenta el nivel de ruido en el interior del túnel, de forma que el conductor del vehículo pueda escuchar perfectamente. Lo mismo para los micrófonos que deben ser direccionales con el fin de captar el menor ruido posible.

El micrófono se conecta cuando se establece comunicación con el conductor y esta función se hará desde el centro de control.

Un sistema de apoyo para este sistema es el circuito cerrado de televisión que manualmente se orientará y enfocará la cámara hacia el vehículo.

El sistema de altavoces podrá estar incluido o integrado con los sistemas de telefonía o de circuito cerrado de televisión.

**1.5.7.12 Comunicaciones.** Se implementará un sistema de comunicaciones para el interior del túnel con el fin de poder tener comunicación al personal operativo del túnel por medio de radios de dos canales y poder emitir mensajes de emergencia a través de una frecuencia que se seleccionará en el radio de los vehículos.

Deberá existir avisos informativos, antes de entrar al túnel, para que los conductores coloquen sus radios en la banda seleccionada.

El sistema tendrá capacidad como opcional de permitir comunicaciones de celulares dentro del túnel.

Este sistema debe eliminar las zonas muertas u oscuras de comunicaciones a todo lo largo del túnel.

Para lo anterior se deberá diseñar un sistema usando cable radiante. Este se colocará en un costado del túnel con sus respectivas fijaciones y deberá ser resistente al fuego y libre de halógeno y una impedancia de 50 ohmios.

El cable debe ser instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante, como separación máxima entre los soportes, tipo de soporte, etc.

Además debe quedar con la opción de poder instalar otros servicios, como:

- Comunicación para los radios de las empresas de taxis.
- Comunicaciones de celulares.
- Comunicaciones de telefonía móvil.

El sistema estará conformado por:

- Cable radiante
- Estación base
- Antenas
- Repetidores
- Fuente
- Otros accesorios

### **1.5.8 Cables**

**1.5.8.1 Cables de fibra óptica.** Los cables de fibra óptica deben ser con armadura, no propagadores del fuego, antiroedores.

Para el tendido de cables de fibra óptica enlazando las unidades terminales remotas se hará por el banco de ductos del costado derecho del túnel.

La única fibra óptica que cruzará por la parte superior del techo será para interconectar las cámaras del CCTV.

El contratista decide si la fibra óptica será multimodo o monomodo de acuerdo con las características técnicas de los equipos que suministrará.

**1.5.8.2 Cables de cobre.** Los cables de cobre son para la conexión de los equipos locales, sensores, detectores, etc. de ambos lados del túnel con las unidades terminales remotas.

Los cables de cobre para cruzar el túnel de un lado a otro, se harán por la parte superior del techo en bandejas y serán para soportar altas temperaturas entre 400 °C a 500 °C durante 15 minutos con el fin de que las alarmas se puedan dar y tomar las medidas oportunas.

Los cables de cobre multiconductores deben ser encauchetados, resistentes al fuego, no debe propagar el fuego y apantallados. Los cables de cobre multiconductores por pares deben ser encauchetados, resistentes al fuego, no

debe propagar el fuego y apantallados, donde cada par debe ser entorchado, apantallado y aislado.

El calibre mínimo de cables es número 14.

### **1.5.9 Medida y pago**

El sistema de pago será por unidad o metro, instalado, probado y puesto en funcionamiento, de acuerdo con un formulario de cantidades de obra.

Todos los equipos deben incluir los elementos y accesorios necesarios para una correcta operación e instalación.

### **1.5.10 Planos**

A continuación están los planos que se relacionan en la tabla a continuación:

<b>Plano No.</b>	<b>Archivo digital</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
AO-F1-DB-EE-051	PDBEE051.DWG	P-1340-4-0703GBEE-2104-051	Convenciones
AO-F1-DB-EE-052	PDBEE052.DWG	P-1340-4-0703GBEE-2104-052	Configuración de los cuartos de control
AO-F1-DB-EE-053	PDBEE053.DWG	P-1340-4-0703GBEE-2104-053	Configuración general
AO-F1-DB-EE-054	PDBEE054.DWG	P-1340-4-0703GBEE-2104-054	Distribución de equipos en los nichos
AO-F1-DB-EE-055	PDBEE055.DWG	P-1340-4-0703GBEE-2104-055	Distribución de equipos en los nichos
AO-F1-DB-EE-056	PDBEE056.DWG	P-1340-4-0703GBEE-2104-056	Distribución de equipos en el exterior

### **1.5.11 Pruebas y puesta en operación**

El sistema de Señalización, supervisión y control, deberá ser probado en su totalidad en los diferentes modos de operación que fueron descritos. Cada sistema que conforma la señalización, supervisión y control deberá ser probado en los diferentes modos de operación indicados con anterioridad.



En las pruebas deberán estar presentes representantes de todas las partes, por el cliente, por el contratista y por la Interventoría.

Para la puesta en operación se deberán cumplir con la totalidad de las pruebas a entera satisfacción de todas las partes.

El contratista entregará al Cliente y a la Interventoría los protocolos de pruebas con anterioridad, para su debida revisión y aprobación de estos.

**2. SISTEMA DE PROTECCIÓN  
CONTRAINCENDIO**

## **ANEXO B**

### **2. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

Integral S.A adelanta actualmente, los estudios y diseños de la primera fase de la Conexión Vial Aburrá - Oriente para la Concesión Túnel Aburrá - Oriente S.A. Parte de este trabajo comprende el diseño de un túnel vehicular y sus obras anexas, para las cuales se requiere la instalación de un sistema de protección contra incendio. Con el fin de poder efectuar el estudio financiero que permita verificar la factibilidad del Proyecto, se han preparado los presentes términos de referencia para el suministro de los equipos y accesorios del sistema de protección contra incendio que se describen más adelante.

En caso de que el estudio financiero del Proyecto haga viable su continuidad, lo cual se decidirá en el primer trimestre del año 2000, la Sociedad Concesionaria entrará en contacto con el Proveedor que resulte más conveniente a sus intereses.

#### **2.2 ALCANCE DEL TRABAJO**

Mediante la presente solicitud de cotización, el Proponente deberá cotizar lo siguiente:

- Fabricación y suministro de los elementos requeridos por el sistema (bomba con todos sus componentes, válvulas, tuberías, accesorios de tubería, soportes, gabinetes para manguera, extintores y detectores).
- Diseño, fabricación y suministro del tablero controlador para operación y control de las bombas.
- Diseño, fabricación y suministro de un tablero de señalización, supervisión y alarmas para el sistema contra incendio.
- Instalación de todos los equipos, tuberías y accesorios constitutivos del sistema de protección contra incendio, incluyendo el tablero controlador.

- Ejecución de las pruebas para arranque y puesta en servicio del sistema de protección contra incendio.
- Suministro de partes de repuesto requeridas para los primeros cinco (5) años de operación del sistema.
- Suministro de la información técnica especificada.
- Capacitación al personal de operación del Concesionario.

En resumen, el alcance del trabajo será tal que se disponga de un sistema de protección completo, listo para entrar en operación satisfactoria, una vez terminada la instalación.

### **2.3 TRABAJOS NO INCLUIDOS DENTRO DEL ALCANCE**

Los siguientes trabajos no hacen parte del alcance del suministro:

- Construcción del tanque de almacenamiento de agua y de las obras civiles relacionadas
- Acometidas eléctricas de fuerza y control a cero metros de motores y tableros.

### **2.4 INFORMACION QUE DEBERA SUMINISTRAR EL CONTRATISTA**

El Contratista deberá suministrar dos (2) copias de la siguiente información:

- Diagramas eléctricos de potencia y control de los tableros.
- Curvas características de las bombas.
- Catálogos de los equipos suministrados.
- Instrucciones detalladas de operación y mantenimiento de los equipos suministrados.

### **2.5 PRESENTACION DE LA PROPUESTA**

La propuesta deberá presentarse antes del \_\_\_\_\_ por fax o por correo dirigida como se indica a continuación:

Señores

INTEGRAL S.A.

Ingeniero Luis Yezith Arbeláez Arbeláez

Director del Proyecto

Carrera 46 No. 52-36, piso 13

Teléfono 511 54 00, Fax 251 03 97

Medellín-Colombia

## **2.6 LISTA DE CANTIDADES Y PRECIOS**

### **2.6.1 Generalidades**

El Proponente deberá cotizar el precio de los equipos y repuestos importados con una componente en U\$ Dólares correspondiente al costo de los equipos y repuestos Ex-Fábrica mas los costos por transporte y seguros hasta puerto Colombiano y una componente en pesos Colombianos correspondiente a los gastos de nacionalización (derechos arancelarios, bodegaje, manejo en puerto, impuesto al valor agregado de importación y otros gastos que sean requeridos), mas los costos de transporte y seguros en territorio Colombiano. En la propuesta se deberán discriminar cada uno de los costos anteriores, tanto para la componente en U\$ Dólares como para la componente en pesos Colombianos.

El precio de los equipos de origen nacional y los precios por el montaje de los equipos y pruebas del sistema deberán cotizarse en su totalidad, en pesos colombianos.

### **2.6.2 Precio de los equipos**

El Proponente deberá cotizar el precio de los equipos solicitados, CIF sitio de las obras y el precio deberá incluir todos los gastos de transporte, seguros, derechos, impuestos, los gravámenes aduaneros, impuesto al valor agregado de importación, la capacitación al personal de operación y otros gastos. El proponente deberá cotizar los siguientes equipos de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones: (Anexar lista de cantidades y precios)

*según las cantidades, del anexo*

### **2.6.3 Precios por el montaje de los equipos**

El Proponente deberá cotizar los precios por el montaje de los equipos suministrados. Los precios cotizados por el montaje deberán incluir la mano de obra, las herramientas de montaje, consumibles, calzas, lechadas, pernos de anclaje y todos los demás trabajos que sean requeridos.

### **2.6.4 Precios por las pruebas de los equipos y puesta en servicio del sistema**

El Proponente deberá cotizar el precio por las pruebas de las bombas y la puesta en servicio del sistema contraincendio. El precio cotizado deberá incluir la capacitación al personal de operación y todos los demás trabajos requeridos para entregarle al Concesionario un sistema de protección contraincendio listo para entrar en operación, de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Técnicas.

### **2.6.5 Precio de las partes de repuesto**

El Proponente deberá cotizar una lista de partes de repuesto que él recomienda para un periodo de cinco (5) años de operación normal de los equipos. La adquisición de los repuestos recomendados queda a opción del Concesionario. Los precios cotizados deberán ser CIF sitio de las obras.

## **2.7 PLAZOS DE ENTREGA**

El Proponente deberá establecer en la propuesta el plazo de entrega garantizado para el suministro de los equipos cotizados. El plazo máximo de entrega, CIF sitio de las obras para la totalidad del suministro, será de seis (6) meses contados a partir de la fecha de firma del contrato. El plazo máximo para la instalación y pruebas de todos los equipos suministrados y puesta en operación del sistema contraincendio será de tres (3) meses, contados a partir del inicio de los trabajos de montaje.

## **2.8 CARACTERÍSTICAS GARANTIZADAS DE LOS EQUIPOS**

El Proponente garantiza las siguientes características de los equipos ofrecidos, las cuales serán verificadas por medio de pruebas en fabrica y/o en campo:

- Caudal de agua de la bomba principal BP-01 (m<sup>3</sup>/s): \_\_\_\_\_
- Caudal agua de la bomba reforzadora (m<sup>3</sup>/s): \_\_\_\_\_

- Presión estática de la bomba principal (m de c.a.): \_\_\_\_\_
- Presión estática de la bomba reforzadora (m de c.a.): \_\_\_\_\_
- Eficiencia de la bomba principal a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (%): \_\_\_\_\_
- Eficiencia de la bomba reforzadora a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (%): \_\_\_\_\_
- Consumo de potencia de la bomba principal a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (kW): \_\_\_\_\_
- Consumo de potencia de la bomba reforzadora a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (kW): \_\_\_\_\_
- Potencia del motor de la bomba principal (kW): \_\_\_\_\_
- Potencia del motor de la bomba reforzadora (kW): \_\_\_\_\_

## **2.9 DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.**

El Proponente deberá incluir una descripción técnica de los equipos ofrecidos y en especial, lo relacionado con la siguiente información:

- Dimensiones de los equipos y cargas sobre las fundaciones
- Curvas de selección y operación de las bombas
- Catálogos

## **2.10 ESPECIFICACIONES**

### **2.10.1 Alcance**

En este numeral se establecen los requerimientos técnicos exigidos para efectuar el diseño, la fabricación, el suministro, el transporte y la instalación de todos los equipos y accesorios que hacen parte de los sistemas de protección contraincendio para el túnel y para las edificaciones en los portales.

## **2.10.2 Características principales del túnel**

Las siguientes son las características principales del túnel y las condiciones del sitio de la obra:

- Longitud: 8187 metros
- Pendiente: 2,25%
- Altitud del portal oriental: 2200,50 m.s.n.m.
- Altitud del portal occidental: 2020,30 m.s.n.m.
- Area de la sección del túnel: 72,11 m<sup>2</sup>
- Temperatura:

Máxima: 32°C

Mínima: 10°C

Promedio: 21°C

- Humedad relativa promedio: 78%

## **2.10.3 Normalización**

Los materiales, equipos y demás elementos suministrados deberán cumplir con las normas y especificaciones de entidades reconocidas tales como:

- |  |         |
|--|---------|
| - American Institute of Steel Construction         | AISC    |
| - American National Standards Institute            | ANSI    |
| - American Society for Testing and Materials       | ASTM    |
| - American Welding Society                         | AWS     |
| - American Water Works Association                 | AWWA    |
| - Factory Mutual                                   | FM      |
| - Instituto Colombiano de Normas Técnicas          | ICONTEC |
| - Institute of Electrical and Electronic Engineers | IEEE    |

- International Organization for Standardization      ISO
- National Electric Code      NEC
- National Electric Manufacturers Association      NEMA
- ..National Fire Protection Association      NFPA
- Steel Structures Painting Council      SSPC
- Underwriter's Laboratories Inc.      UL

En los casos en que sean aplicables, el Contratista deberá cumplir con las normas técnicas colombianas existentes. Donde se cite una norma, deberá entenderse que se refiere a su última publicación, a menos que se especifique algo diferente.

#### **2.10.4 Materiales**

Todos los materiales que se incorporen al suministro deberán ser nuevos y de primera calidad y deberán estar libres de defectos e imperfecciones. Las propiedades y/o características de los materiales, deberán corresponder con las establecidas para las clasificaciones, grados, tipos o clases requeridos, de acuerdo con las normas especificadas.

Todos los materiales deberán obtenerse de proveedores de reconocido prestigio que cumplan con normas internacionales sobre procedimientos de fabricación, requerimientos de análisis y ensayos de propiedades mecánicas y químicas.

Todos los componentes deberán ser de óptima calidad, nuevos, listados por UL y aprobados por FM para ser utilizados en sistemas contraincendio. El Contratista deberá suministrar todos los certificados de calidad y características garantizadas requeridas.

Los equipos y componentes principales de los sistemas de protección contraincendio deberán cumplir los requerimientos establecidos en la última edición de las normas NFPA 10 "Portable Fire Extinguishers", NFPA 13 "Installation of Sprinkler Systems", NFPA 14 "Installation of Standpipe and Hose Systems", NFPA 20 "Centrifugal Fire Pumps", NFPA 22 "Water Tanks for Private Fire Protection", NFPA 72 "National Fire Alarm Code" y en cualquier otra norma complementaria aplicable.

## **2.10.5 Mano de obra**

El Contratista deberá ejecutar y terminar todos los trabajos en forma correcta, completa y con buena apariencia, para lo cual deberá utilizar métodos, técnicas y procedimientos reconocidos y aprobados o normalizados que se requieran para la fabricación de equipos y de maquinaria de alta calidad. Todos los trabajos los deberán ejecutar y supervisar personal experto, calificado, según se requiera, y especializado en cada uno de los diferentes oficios.

Todas las partes de repuesto suministradas deberán ser intercambiables con las partes originales. Por lo tanto, éstas deberán fabricarse con los mismos materiales y con la misma calidad de mano de obra utilizados para la fabricación de las partes originales. Asimismo, las partes de repuesto deberán maquinarse con los mismos ajustes y tolerancias que las partes originales.

## **2.11 DESCRIPCIÓN Y MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA**

### **2.11.1 Descripción general de los sistemas**

#### **2.11.1.1 Sistema de protección contraincendio para el túnel**

El sistema de protección contraincendio para el túnel, consiste básicamente de dos sistemas: el de extinción y el de detección. El sistema de extinción estará conformado por un tanque de almacenamiento de agua dispuesto en el portal oriental del túnel desde donde se alimentan a través de una tubería principal, por gravedad y/o por bombeo, una serie de hidrantes localizados a lo largo del túnel, los cuales alimentan a su vez, un sistema de extinción convencional por espuma movilizado en un carro de bomberos que maneja una brigada contra incendios. Este sistema se complementa con una serie de extintores portátiles a base de polvo químico seco del tipo multipropósito, de clasificación 4A; 40B, C y una capacidad de 9,1 kg (20 lbs) cada uno dispuestos en los nichos de auxilio y extintores de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de clasificación 2A; 10B, C, con una capacidad de 6,8 kg (15 lbs) cada uno dispuestos en los nichos de las subestaciones.

Además del sistema previsto para suministro de agua a los hidrantes, serán dispuestas conexiones siamesas para bomberos en cada uno de los portales del túnel, como un sistema auxiliar de suministro de agua.

El sistema de generación de espuma estará conformado por tanques de almacenamiento de concentrado de químico seco a base bicarbonato de potasio (AFFF) y equipos de generación de espuma dispuestos en carros de bomberos, localizados en cada uno de los portales. Cada uno de los equipos tendrá una

capacidad de generación de espuma de 12,62l/s (200GPM) durante 30 minutos como mínimo.

Adicional al equipo de generación de espuma, los carros de bomberos estarán equipados con mangueras de 2<sup>1/2</sup>" de diámetro para alimentación de agua, extintores de polvo químico seco del tipo multipropósito, un extintor con agente para extinción de incendios clase D y demás elementos requeridos para brigadas contraincendio.

Para el sistema de detección, se contará con sensores lineales de calor a lo largo del túnel, detectores de humo del tipo fotoeléctrico instalados en los tableros eléctricos de las subestaciones y detectores de posición para los extintores instalados en los nichos de auxilio, los cuales envían una señal de alarma cuando estos son retirados. Las señales serán llevadas al tablero de señalización, supervisión y alarmas ubicado en la sala de control del edificio del portal oriental.

#### **2.11.1.2 Sistema de protección contraincendio para los edificios en los portales**

Los sistemas de protección para las diferentes áreas que conforman el edificio serán los siguientes:

- Areas de oficinas: Protección con regaderas automáticas.
- Cuarto de control y equipos de señalización y control: Protección con regaderas automáticas y extintores portátiles de CO<sub>2</sub> e instalación de detectores de humo en las consolas.
- Areas de tableros eléctricos: Protección con extintores portátiles de CO<sub>2</sub> e instalación de detectores de humo en los gabinetes.

Los extintores portátiles de CO<sub>2</sub> serán de clasificación 2A; 10B, C y tendrán una capacidad de 6,8 kg (15 lbs) cada uno. Los detectores de humo enviarán señales de alarma al tablero de señalización, supervisión y alarmas ubicado en la sala de control del edificio del portal oriental.

Además de estos sistemas, para el edificio será implementado un sistema general de protección a base de extintores portátiles de polvo químico seco, del tipo multipropósito, de clasificación 2A; 10B, C, con una capacidad de 6,8 kg (15 lbs) cada uno y un sistema de columna de agua con mangueras clase II.

Los sistemas de agua (regaderas automáticas y mangueras) serán conectados al sistema de suministro de agua contraincendio para el túnel.

### **2.11.1.3 Modo de operación del sistema**

En el plano AO-F1-DB-ME-005 se muestra el diagrama general de tuberías e instrumentos correspondiente al sistema de protección contra incendio para el túnel y para los edificios en los portales.

El sistema de suministro de agua esta conformado por un tanque de almacenamiento de 120 m<sup>3</sup> de capacidad, localizado en el portal oriental y construido en dos secciones para facilitar las labores de limpieza y mantenimiento, una bomba principal para suministro de agua a la presión requerida por los primeros hidrantes y una bomba reforzadora de presión "jockey" para mantener presurizado el sistema, las cuales están alojadas en una caseta de bombas localizada contiguo al tanque de almacenamiento. La reposición del agua al tanque se efectúa desde un acueducto veredal a través de una conducción provista con válvula de flotador.

En el tanque de almacenamiento serán instalados detectores de nivel, los cuales envían una señal de alarma al tablero de señalización, supervisión y alarmas por bajo nivel en el tanque (elevación 2206,00) y tendrán además la capacidad de parar las bombas de suministro de agua cuando el nivel en el tanque llegue a un valor mínimo (elevación 2204,80).

El control de arranque y paro de las bombas será efectuado por medio de un interruptor de presión (presostato) instalado en la tubería de descarga, el cual envía las señales correspondientes a los respectivos tableros de control de las bombas para operarlas de la siguiente forma:

- Presión de arranque de la bomba reforzadora de presión: 0,69MPa (100psi)
- Presión de paro de la bomba reforzadora de presión: 0,76MPa (110psi)
- Presión de arranque de la bomba principal: 0,62MPa (90psi)
- Presión de paro de la bomba principal: 0,65MPa (95psi)

Al tablero de señalización, supervisión y alarmas localizado en el portal oriental serán enviadas las siguientes señales correspondientes al sistema de bombeo:

- Presión en el sistema
- Bombas operando

- Falla de potencia en los motores de las bombas
- Inversión de fases

Adicionalmente, las bombas podrán arrancarse desde el sistema de señalización y control del túnel.

El sistema de bombeo será provisto con un cabezal de pruebas equipado con dos conexiones de manguera de 2<sup>1/2</sup>" de diámetro para verificar periódicamente la operación y la capacidad de descarga de las bombas. Todas las válvulas de compuerta localizadas en el sistema tendrán dispositivos para bloquearlas en su posición de apertura.

Los hidrantes de 4" de diámetro y equipados con dos conexiones de manguera de 2<sup>1/2</sup>" de diámetro, serán instalados en nichos espaciados cada 100 metros aproximadamente y tendrán una capacidad de descarga de agua de 15,8l/s (250GPM) por cada conexión a una presión mínima de 0,55MPa (80psi) y una presión máxima de 1,21MPa (175psi). Para garantizar estos valores de presión en los hidrantes localizados aguas abajo de la sexta bahía de estacionamiento, serán instaladas tres válvulas reguladoras de presión en la sexta, décima cuarta y décima octava bahías de estacionamiento. El sistema esta concebido para que trabajen una o dos conexiones de manguera, ya sea que se utilicen para enfriamiento en los sitios contiguos al incendio o para la generación de la espuma requerida para su extinción.

Las derivaciones de tubería para los sistemas de protección de los edificios serán tomadas de la tubería que alimenta el túnel. En cada una de las derivaciones a los edificios, serán instalados detectores de flujo que envían una señal de alarma al respectivo tablero de señalización, supervisión y alarmas cuando hay flujo de agua en el sistema. Las columnas de agua serán provistas con una conexión de drenaje y pruebas para verificar periódicamente la operación de los sistemas.

## **2.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS**

### **2.12.1 Bombas para el suministro de agua**

La bomba principal para el suministro de agua al sistema contraincendio deberá ser centrífuga de eje horizontal, de carcasa partida "Split Case" o del tipo "End Suction" y la bomba reforzadora "jockey" deberá ser del tipo vertical en línea y deberán suministrarse con todas las válvulas, tuberías y accesorios de tubería a la succión y a la descarga, y demás accesorios tal como se especifica en la norma

NFPA 20. El arranque y paro de las bombas será efectuado por medio de un transmisor-indicador de presión, instalado en la tubería de descarga.

Las bombas deberán ser una unidad de fabricación normalizada, producida por un fabricante de reconocida experiencia en la fabricación de este tipo de equipos y deberán estar certificadas por UL/FM para servicio contraincendio. Las bombas deberán ser provistas con todas las partes accesorias tales como tapones para inspección y drenaje, sellos de agua, válvula de aireación en la carcasa y manómetros a la succión y a la descarga

La bomba principal deberá tener una capacidad de 31,55l/s (500GPM) cuando opera contra una presión dinámica total de 66,5m (95psi) de columna de agua y la bomba reforzadora deberá tener una capacidad de 0,32l/s (5GPM) cuando opera contra una presión dinámica total de 77m (110psi) de columna de agua. Los equipos de bombeo (motor y bomba) deberán ser seleccionados para que operen satisfactoria y confiablemente, aún bajo las condiciones más severas de servicio, buscando que el punto de operación de las bomba se encuentren lo mas cercanamente posible a su punto de máxima eficiencia. La bomba principal deberá tener la capacidad para entregar el 150% del caudal nominal al 65% de la presión nominal y la presión a cero caudal "Shutoff" no debe exceder el 140% de la presión normal de operación.

La bomba principal deberá suministrarse con carcasa de fundición de hierro, con conexiones bridadas a la succión y a la descarga, impulsor de bronce, anillos de desgaste en la carcasa y en el impulsor, sello mecánico en la carcasa, camisas de desgaste en el eje, acople flexible entre el motor y la bomba y base común para motor y bomba fabricada de elementos de acero estructural.

Los motores de accionamiento deberán ser trifásicos, de inducción del tipo jaula de ardilla para 480 V.c.a. Los motores deberán ser del tipo totalmente cerrado, enfriados por ventilador (TEFC), con aislamiento clase B, para un máximo incremento de temperatura entre 70° y 75°C, tal como lo definen las normas NEMA.

Para la protección de la bomba principal, se deberá suministrar e instalar una válvula de alivio de ¾" de diámetro con retorno al tanque de almacenamiento, para prevenir el sobrecalentamiento de la bomba en caso de que se presente la operación de ésta con la válvula de aislamiento en la línea de descarga cerrada.

### **2.12.2 Tableros controladores para las bombas**

Se deberán suministrar los tableros controladores para el control y protección de la bomba principal y de la bomba reforzadora de presión "jockey".

Los tableros controladores deberán tener los siguientes elementos:

- Interruptor principal de desconexión para la potencia y voltajes nominales del motor.
- Interruptor del motor de la bomba.
- Protección de sobrecorriente y alarma para indicar perdida o inversión de fase.
- Contactor del motor
- Luz piloto para indicar potencia disponible.
- Luz piloto para indicar bomba operando.
- Transformador de control de 120V.
- Botones locales de arranque y paro.
- Temporizador para evitar arranques sucesivos de la bomba.
- Circuitos de enclavamiento para operación de la bomba con las señales provenientes del transmisor de presión y paro de la bomba por bajo nivel en el tanque de almacenamiento.
- Borneras terminales para conectar señales de alarma remotas.

Los tableros controladores deberá suministrarse completamente ensamblado, alambrado, ajustado y probado en fábrica, con interruptores, arrancadores, barras, transformadores, selectores, bloques terminales, protecciones y demás accesorios requeridos y deberán ser específicamente listados por UL/FM para manejar motores eléctricos de bombas contra incendio.

### 2.12.3 Tubería y accesorios de tubería

**Tubería de acero al carbono.** La tubería instalada por fuera del túnel (caseta de bombas y edificios de los portales), deberá ser de acero al carbono, sin costura, fabricada según la norma ASTM A-53 grado A y de dimensiones según la norma ANSI B36.10. La tubería de  $\varnothing 3"$  y mayores deberá tener extremos biselados para soldar y deberá ser de espesor clasificado como estándar (cédula 40); la tubería de  $\varnothing 2\frac{1}{2}"$  y menores deberá ser de extremos roscados según la norma ANSI B1.20.1. y de espesor clasificado como estándar (cédula 40).

**Tubería de hierro dúctil.** La tubería instalada dentro del túnel y la tubería enterrada deberá ser de hierro dúctil, tipo K9, extremos campana-espigo, fabricada de acuerdo con los requerimientos establecidos en la norma ISO 2531.

#### 2.12.4 Accesorios de tubería

**Accesorios soldables.** Los accesorios de este tipo (codos, tees, reducciones, etc.) deberán fabricarse de acero al carbono ASTM A-234 grado WPB, con extremos biselados y dimensiones según la norma ANSI B16.9.

**Accesorios roscados.** Los accesorios de este tipo (codos, tees, reducciones, etc) deberán fabricarse de acero maleable ASTM A-338, clase 150, extremos roscados según la norma ANSI B1.20.1.

**Accesorios en hierro dúctil.** Los accesorios para instalación en el sistema de tuberías dentro del túnel y en tuberías enterradas (tees, codos, adaptadores y reducciones) deberán ser PN 16, fabricados de acuerdo con los requerimientos establecidos en la norma ISO 2531 y deberán suministrarse con extremos bridados o extremos campana-brida, como sea requerido.

**Bridas.** Las bridas deberán fabricarse de acero al carbono forjado de acuerdo con la norma ASTM A-105, clase 150, cara levantada (RF) o cara plana (FF) según sea el caso, dimensiones según la norma ANSI B16.5. El espesor de pared de las bridas deberá corresponder con el espesor de la tubería especificada.

**Pernos y espárragos.** Para las uniones bridadas, se deberán utilizar espárragos fabricados en acero al carbono ASTM A-193 grado B8, roscados con rosca continua en toda su longitud, suministrados con dos (2) tuercas hexagonales cada uno, fabricadas de acero al carbono ASTM A-194, grado 2H.

**Empaques.** Para las uniones bridadas serán utilizados empaques fabricados en lámina de asbesto comprimido de 1,5 mm de espesor, clase 150, FF, grafitado a ambos lados o recubierto con un agente antiadherente.

Los empaques deberán tener una resistencia a la tensión de 13,87 MPa a través de los granos y deberán ser del tipo de anillo plano "Flat ring" de acuerdo con la norma ANSI B16.21.



## 2.12.5 Válvulas

### Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión deberán ser de tipo globo, piloteadas, de 4" de diámetro, bridadas, clase 125 y dimensiones según la norma ANSI B16.10. Las válvulas deberán fabricarse con cuerpo en fundición de hierro ASTM A 126 clase B, asiento, vástago y muelle en acero inoxidable AISI 304, diafragma y sellos en Buna-N. Los pilotos deberán fabricarse con cuerpo en bronce ASTM B 584, internos en acero inoxidable y sellos en Buna-N.

Las válvulas deberán trabajar de la siguiente forma:

- Cuando no hay caudal en el sistema, las válvulas deben permanecer completamente cerradas.
- Cuando el sistema opera con un caudal entre 0 y 250GPM, las válvulas deben regular la presión a través de ellas, conservando constante la presión de salida.
- Cuando el sistema opera con un caudal entre 250 y 500GPM, las válvulas deben permanecer completamente abiertas.

Las siguientes son las condiciones de operación de las válvulas:

- Primera válvula reguladora (PRV-01). Caudal de agua a través de la válvula: 0-500GPM

Presión aguas arriba con válvula cerrada: 1,19MPa (173psi)

Presión aguas arriba con 250GPM: 1,19MPa (173psi)

Presión aguas abajo con 250GPM: 0,55MPa (80psi)

- Segunda válvula reguladora (PRV-02). Caudal de agua a través de la válvula: 0-500GPM

Presión aguas arriba con válvula cerrada: 1,10MPa (160psi)

Presión aguas arriba con 250GPM: 1,10MPa (160psi)

Presión aguas abajo con 250GPM: 0,55MPa (80psi)

- Tercera válvula reguladora (PRV-03). Caudal de agua a través de la válvula: 0-500GPM

Presión aguas arriba con válvula cerrada: 0,83MPa (120psi)

Presión aguas arriba con 250GPM: 0,83MPa (120psi)

Presión aguas abajo con 250GPM: 0,55MPa (80psi)

**Válvulas de compuerta** Las válvulas de compuerta a ser instaladas en el sistema contraincendio deberán estar provistas con dispositivos de bloqueo, para asegurarlas con candado en su posición de apertura.

- **Válvulas roscadas.** Las válvulas de compuerta hasta 2<sup>1/2</sup>" de diámetro deberán ser roscadas de acuerdo con la norma ANSI B1.20.1. Las válvulas deberán fabricarse en bronce ASTM B 62, clase 125, bonete con tuerca de unión, disco sólido, anillos de asiento integrales al cuerpo de la válvula, guarnición en bronce, vástago ascendente con rosca interna (ISRS), diseñadas para cambio de empaque con la línea bajo presión.
- **Válvulas bridadas.** Las válvulas de compuerta de 3" de diámetro y mayores deberán tener extremos bridados, clase 150 y dimensiones según la norma ANSI B16.10. Las válvulas deberán ser de disco sólido, bonete pernado, vástago ascendente con rosca externa y yugo (OS&Y) con disco de fundición y asiento de bronce B-62, cuerpo fabricado en fundición de hierro ASTM A-126, diseñada para cambio de empaque con la línea bajo presión.

#### 2.12.6 Válvulas de retención

- **Válvulas roscadas.** Las válvulas de retención hasta 2<sup>1/2</sup>" de diámetro deberán ser roscadas de acuerdo con la norma ANSI B1.20.1. Las válvulas deberán ser del tipo oscilante (Swing), fabricadas en bronce ASTM B-62, clase 125, adecuadas para instalación horizontal o vertical. Las válvulas deberán tener anillos de asiento integrales, tapa roscada y guarnición en bronce.
- **Válvulas bridadas.** Las válvulas de retención de 3" de diámetro y mayores deberán tener extremos bridados, clase 150 y dimensiones según la norma ANSI B16.10. Las válvulas deberán ser del tipo oscilante (Swing), con cuerpo fabricado en fundición de hierro ASTM A-126, adecuadas para instalación horizontal o vertical. Las válvulas deberán tener anillos de asiento en bronce, reemplazables, tapa pernada y disco en fundición.

### **2.12.7 Válvulas de globo**

- **Válvulas roscadas.** Las válvulas de globo hasta 2<sup>1/2</sup>" de diámetro deberán ser roscadas de acuerdo con la norma ANSI B1.20.1. Las válvulas deberán fabricarse en bronce ASTM B 62, clase 125, bonete con tuerca de unión, disco del tipo tapón giratorio, guarnición en bronce, anillos de asiento del cuerpo reemplazables, vástago ascendente con rosca interna (ISRS), diseñadas para cambio de empaque con la línea bajo presión.
- **Válvulas bridadas.** Las válvulas de globo de 3" de diámetro y mayores deberán ser con cuerpo fabricado en fundición de hierro ASTM A 126, extremos bridados clase 150 y dimensiones según la norma ANSI B16.10. Las válvulas deberán ser de disco en bronce reemplazable, bonete pernado, vástago ascendente con rosca externa y yugo (OS&Y), anillos de asiento del cuerpo reemplazables y diseñadas para cambio de empaque con la línea bajo presión.

### **2.12.8 Conexión siamesa para bomberos**

Para el sistema contraincendio se deberá proveer una conexión siamesa para bomberos de 4" de diámetro, provista con dos conexiones de manguera de 2<sup>1/2</sup>" de diámetro, con rosca NST y tapa protectora con cadena.

### **2.12.9 Conexiones flexibles**

En las bridas de succión y descarga de las bombas deberán instalarse conexiones flexibles bridadas, fabricadas de caucho sintético con alma de lona; las bridas de las conexiones deberán ser adecuadas a las características de las bridas de las bombas.

### **2.12.10 Conexión de drenaje y pruebas**

Se deberá suministrar, para el drenaje e inspección de la red de tuberías que alimenta el sistema de rociadores automáticos, un (1) conjunto de válvulas de drenaje y pruebas. La válvula de drenaje debe estar acompañada de una válvula de inspección (Inspector's test valve) que debe contar con un orificio de descarga de  $\varnothing 1/2$ ", equivalente a la descarga de un rociador. El orificio de descarga debe ser de un material resistente a la corrosión. La válvula de inspección deberá contener un visor que permita observar el flujo de agua.

### 2.12.11 Soportes

El Contratista deberá suministrar todos los soportes requeridos para las tuberías, válvulas y demás accesorios. Los soportes en los edificios de los portales deberán ser de acero galvanizado, de configuración estándar, diseñados de acuerdo con la norma NFPA 13, y de consecución comercial. Los soportes para la tubería instalada en el túnel deberán consistir de un bloque de concreto y una abrazadera metálica para amarre de la tubería.

Los elementos estructurales de los soportes deberán ser de acero estructural ASTM A 36. Los pernos, espárragos y abrazaderas deberán fabricarse con acero ASTM A 307, y deberán estar provistos con sus correspondientes tuercas y arandelas. Todos los elementos metálicos deberán ser galvanizados por inmersión en caliente, de acuerdo con lo requerido en la norma ASTM A 153 y en la norma ICONTEC 2076.

Para los soportes metálicos, se deberá suministrar un material dieléctrico, para colocación entre el tubo y el soporte, en su punto de contacto y para los soportes en concreto se deberá suministrar una banda de neopreno para instalación entre el soporte y la tubería.

### 2.12.12 Rociadores automáticos

Los rociadores automáticos deberán ser del tipo *vertical normal* "upright standard" de bulbo, completamente expuestos, con un escudo o tapa que permita ocultar la conexión entre la regadera y el accesorio adyacente. Los rociadores deberán tener recubrimiento de cromo, orificio de descarga de 12,7 mm (1/2"), constante de descarga  $K= 5,56$ , conexión roscada de diámetro 1/2" NPT y clasificación de temperatura ordinaria (57°C a 77 °C) según la norma NFPA 13. El suministro de los rociadores deberá incluir la reducción de 1" x 1/2" y un tapón metálico roscado por cada rociador, para la prueba de hermeticidad de la tubería.

### 2.12.13 Hidrantes

Los hidrantes deberán ser de tipo seco, de construcción estándar, producidos por un fabricante de reconocida experiencia en la fabricación de este tipo de equipos. Los hidrantes deberán ser de 4" de diámetro, de 500mm. de longitud como mínimo, bridados y deberán suministrarse con dos válvulas de 2<sup>1/2</sup>" de diámetro, con conexión para mangueras contraincendio, tapa y cadena.

### **2.12.14 Gabinetes para manguera**

Los gabinetes para manguera deberán tener el tamaño suficiente para almacenar los elementos indicados a continuación, los cuales deberán hacer parte del gabinete:

- Una válvula en ángulo de 1<sup>1/2</sup>" de diámetro, del tipo compuerta, de vástago ascendente, con cuerpo, vástago, discos y asientos en bronce. La válvula deberá tener conexiones hembra con rosca IPT y deberá incluir arandelas de ajuste.
- Un niple en bronce de 1<sup>1/2</sup>" de diámetro con conexiones macho y rosca IPT en el extremo de la válvula y NST en el extremo de la manguera.
- Una manguera de 1<sup>1/2</sup>" de diámetro y 30m de longitud, de funda exterior tejida y forro interior de goma, de fabricación apropiada y aprobada por la Asociación Americana de Aseguradores Contra incendio. La manguera deberá tener conexión hembra y rosca NST para acople con el niple, y conexión macho y rosca NST para acople con la boquilla.
- Una boquilla de bronce de 1<sup>1/2</sup>" de diámetro, adecuada para producir chorro y niebla.
- Una percha metálica para colgar la manguera con la cantidad suficiente de ganchos deslizantes para almacenar la longitud total de la manguera.
- Una llave tensora, "Spanner".
- Una hacha de tipo para bombeo.
- Un juego de ganchos para colgar la llave y el hacha.

El Contratista deberá instalar los gabinetes en los sitios indicados en los planos, de tal forma que se tengan un fácil acceso a ellos. Los gabinetes se deberán fabricar en lámina de acero (Cold-rolled) con espesor no menor de 1,6 mm. Los gabinetes deberán tener provisiones para fijación en pared.

### **2.12.15 Extintores portátiles**

El Contratista deberá instalar extintores en los sitios indicados en los planos, de tal forma que se tengan un fácil acceso a ellos. Los extintores deberán cumplir con los requisitos y recomendaciones de la norma NFPA 10 "Portable Fire Extinguishers". Los extintores de polvo químico seco para instalación en los nichos

de auxilio deberán ser del tipo multipropósito, de clasificación 4A; 40B, C y una capacidad de 9,1 kg (20 lbs) cada uno, los extintores de polvo químico seco para instalación en los edificios de los portales deberán ser del tipo multipropósito, de clasificación 2A; 10B, C y una capacidad de 6,8 kg (15 lbs) cada uno y los extintores de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) deberán ser de clasificación 2A; 10B, C, con una capacidad de 6,8 kg (15 lbs) cada uno.

Los extintores deberán ser del tipo para colgar en pared y deberán suministrarse completos con todos los ganchos, soportes y demás accesorios necesarios para su instalación.

Cada extintor deberá tener una etiqueta donde indique la clasificación, el tipo, la capacidad, tipo de incendio para el cual es apropiado y las instrucciones que se requieran para su operación; adicionalmente, deberán disponer de una etiqueta para llevar el seguimiento del mantenimiento, con dos columnas: una para indicar la fecha de recarga y otra para que firme la persona que realizó el servicio.

Los cilindros se deberán fabricar de un material liviano y resistente a la corrosión. El vástago, el cuerpo de la válvula de descarga del cilindro y el pasador para enclavamiento de ésta, deberán fabricarse en materiales resistentes a la corrosión.

Cada extintor deberá proveerse con un indicador de carátula donde se muestre permanentemente, el estado de carga del cilindro. La carátula deberá tener claramente demarcado los rangos para los cuales el cilindro se encuentra descargado, cargado normalmente o sobrecargado.

#### **2.12.16 Tablero de señalización, supervisión y alarmas para el sistema contraincendio**

El Contratista deberá diseñar y suministrar un tablero de señalización, supervisión y alarmas para el sistema contraincendio, al cual deberán llevarse todas las señales de indicación y alarma especificadas en el numeral 2.6 "Descripción y modo de operación del sistema". Dicho tablero estará localizado en el cuarto de control del edificio del portal oriental y deberá contener todos los elementos necesarios para señalar de manera luminosa y sonora las alarmas de incendio y los estados operacionales de cada uno de los componentes del sistema bajo su supervisión.

Para el diseño y selección del tablero, se deberán tener en cuenta los requerimientos especificados en la norma NFPA 72 National Fire Alarm Code" y deberá incluir al menos, lo siguiente:

- Un botón para prueba de luces
- Botones de accionamiento de alarmas
- Botón para silenciamiento de alarmas

El diseño del tablero deberá estar basado en microprocesador de tecnología reciente, con un alto grado de modularidad. El tablero deberá contener los siguientes módulos:

- Fuente de alimentación, deberá ser modular y deberá tener aislamiento galvánico, medios de protección por bajo y alto voltaje para prevenir daños en el equipo, protecciones por cortocircuito y sobrecarga y filtros adecuados para evitar las entradas de ruido desde el sistema de alimentación. La fuente deberá suministrar los voltajes internos requeridos por el equipo, incluyendo los necesarios para los dispositivos de control.
- Unidad central de procesamiento, diagnóstico y control de la red de detección. El sistema de control, autodiagnóstico, autochequeo y supervisión del tablero deberá entregar indicación y/o alarma de la supervisión de cada uno de los elementos.
- Señalización y anuncio de alarmas para indicar y anunciar las condiciones anormales, estado de supervisión y falla a través de LED's o display de cristal líquido de todos los elementos y dispositivos.
- Módulos de entrada y salida digitales y analógicos.

El tablero deberá realizar las siguientes funciones principales:

- Supervisar el estado del cableado de los circuitos eléctricos de entrada y salida al tablero.
- Supervisar la operación interna (propia) del sistema.
- Recibir la señal de operación de los detectores de incendio, de los detectores de posición para los extintores localizados en los nichos de auxilio, de la operación de las bombas y de los niveles de agua en el tanque de almacenamiento.
- Recibir la señal de operación de los elementos de control y supervisión montados directamente sobre las tuberías de manejo de agua y/o sobre los equipos a proteger.

- Generar señales de alarma por fallas internas en el tablero.

### **2.12.17 Instrumentos de medida y dispositivos de señalización y control**

**General.** El Contratista deberá suministrar los instrumentos de medida y demás dispositivos de señalización y control requeridos en estas especificaciones técnicas. Los instrumentos deberán ser de primera calidad y corresponder a elementos de alto grado de seguridad, confiabilidad, fiabilidad y continuidad de servicio.

Los instrumentos o dispositivos de control instalados directamente sobre las tuberías (manómetros, detectores de flujo y demás elementos) deberán ser de construcción robusta y estar provistos con tapas y empaquetaduras a prueba de agua, aceite y polvo; además, deberán tener el grado de protección IEC-144, IP - 67. Los manómetros instalados directamente sobre las tuberías, deberán ser suministrados con sus respectivas válvulas de aislamiento de tres (3) vías y dos (2) posiciones para garantizar el drenaje o purga cuando se aisle el instrumento y que permitan el montaje y desmontaje de los instrumentos sin necesidad de interrumpir el funcionamiento normal del sistema. La conexión del instrumento a la válvula de aislamiento se hará en rosca de  $\varnothing 1/2$ " NPT.

Los instrumentos que provean una señal eléctrica de salida o que requieran una señal de calibración o prueba, deberán tener una bornera, con sus respectivos terminales de conexión identificados claramente. Si el instrumento va montado en un tablero, deberá tener la bornera en su parte posterior. Dichas señales eléctricas de salida deberán tener protección efectiva contra interferencia electromagnética y ruido, conforme a los estándares de la Cenelec de IEC y lo especificado en la norma IEEE STD. C37.1-1994. El cableado de señales de operación y de control a los tableros correspondientes deberá hacerse con cable apantallado y trenzado. El tipo de cable suministrado y su montaje deberán cumplir con las recomendaciones y requerimientos de la norma NFPA 70.

La reposición del sistema de protección contraincendio deberá hacerse en forma manual, una vez se confirme la extinción del incendio.

El sistema de control de la red de rociadores automáticos no contará con estaciones de accionamiento manual ni con detectores de incendio diferentes a los mismos rociadores.

**Transmisor-indicador de presión.** El transmisor-indicador de presión deberá ser del tipo "Strain Gage" con señales de salida de 4-20 mA. El transmisor deberán tener un rango de presión de 0 a 200psi, deberá ser lineal y deberá tener buena estabilidad y medios adecuados para calibración y compensación.

La precisión de los transmisores cuando se empleen bajo condiciones normales de servicio deberá ser mejor que  $\pm 0,5\%$  de la escala completa, incluyendo los efectos de la repetitividad, zona muerta e histeria.

### **2.12.18 Detectores de flujo**

Los detectores de flujo deberán ser del tipo de "paleta", listados para uso a la intemperie, para instalación vertical u horizontal y deberán estar provisto de contactos del tipo "abierto/cerrado" para señalización y alarma y sus terminales correspondientes para conexión. Los detectores de flujo deberán ser del tipo roscados en la tubería.

Los detectores deberán estar provistos, en el punto de conexión a la tubería, de un sello adecuado para trabajar bajo una presión máxima de 1,2 MPa (175 psi) que garantice un acople estanco entre el detector y la tubería correspondiente. Los detectores de flujo deberán detectar, como mínimo, el flujo de agua equivalente al de un rociador con un orificio de  $\varnothing 1/2"$ . Este flujo deberá activar el envío de una señal eléctrica hacia un tablero localizado en el cuarto de control central que a su vez activa una alarma visual localizada dentro del cuarto de control y otra visual y sonora en la parte exterior del espacio protegido.

### **2.12.19 Detectores de humo tipo fotoeléctrico**

El Contratista deberá suministrar e instalar detectores de humo del tipo fotoeléctrico en los tableros eléctricos y en las consolas del sistema de control y supervisión del túnel; los detectores serán alimentados desde el tablero de señalización, supervisión y alarmas del sistema contraincendio. Los detectores de humo del tipo fotoeléctrico deberán ser clasificados como detectores de bajo perfil, bajo consumo de corriente y polarizados, de fácil instalación y deberán estar acompañados de LED's para supervisión y para entregar indicación de su estado de operación y autodiagnostico para mantenimiento.

Los detectores deberán ser herméticos contra polvo o suciedad, deberán estar provistos de los accesorios necesarios para entregar una señal visible que indique cuando una unidad esta fuera de su limite de sensibilidad y deberán ser aprobados por UL y/o por FM.

### 2.12.20 Detectores lineales de calor

Los detectores térmicos de incendios deberán ser del tipo lineal o de detección continua, listados por UL o aprobados por FM y deberán estar en capacidad de detectar recalentamientos o incendios en cualquier punto de su recorrido.

La protección externa del cable detector deberá ser resistente a la corrosión, al polvo, a la humedad y a cualquier condición ambiental dentro del túnel donde será instalado. El cable detector deberá ser apropiado para instalar y remover fácilmente y deberá ser de fácil reparación en caso de daño. Con el cable detector se deberá suministrar el cable THWN y todos los accesorios necesarios para la conexión del detector con el tablero de señalización, supervisión y alarmas.

### 2.12.21 Detectores de nivel

Los detectores de nivel deberán ser de diseño y construcción tales que no sean afectados por las condiciones de alta humedad. Los detectores deberán ser del tipo pera, sin partes en movimiento, fabricados de polipropileno u otro material similar, y con el cable cubierto de PVC, neopreno u otro material de características similares. Los detectores deberán suministrarse con un detector de mercurio localizado en su parte inferior y con un contrapeso localizado excéntricamente en su parte superior a fin de mantener el detector a la altitud correcta. Los detectores deberán mantenerse en posición vertical cuando están suspendidos en el aire, pero deberán tomar una posición casi horizontal cuando entran en contacto con el agua.

Los detectores deberán suministrarse con un juego de contactos NO y otro juego de contactos NC, libres de potencial, con la longitud del cable requerida para su instalación y con los respectivos prensaestopas o abrazaderas para fijación del cable.

**Indicadores de presión** Los manómetros deberán ser del tipo de tubo de Bourdon, fabricados de un material resistente a la corrosión; la carátula indicadora no deberá tener un diámetro inferior a 100 mm y deberán tener un rango de 0 a 1400kPa (200Psi).

La precisión de los manómetros no deberá ser menor del 1% del rango de medición. Los manómetros se deberán suministrar con los accesorios requeridos para su correcta instalación. Los manómetros deberán ajustarse a las normas ANSI B 40.1 "Indicating Pressure and Vacuum Gauges".

La escala deberá estar graduada en unidades del sistema internacional de unidades (SI), además, las divisiones mínimas de la escala deberán permitir una

apreciación nítida de la indicación, de acuerdo con el orden de magnitud de los valores de la variable.

#### **2.12.22 Alarmas sonoras**

Las señales sonoras de alarma por incendio deberán ser producidas por medio de cornetas o sirenas de bajo consumo de corriente y polarizadas. Las alarmas sonoras deberán ser protegidas contra los efectos de la intemperie, de la corrosión, del polvo y de eventuales golpes, teniendo en cuenta el sitio de instalación. Además, deberán ser a prueba de agua.

El nivel de sonido y la codificación de la señal por incendio, como también el diseño de los elementos para señalización sonora deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la norma NFPA 72.

#### **2.12.23 Alarmas visuales**

La lámpara indicadora de la alarma visual para el tablero de control central, deberá ser apropiada para el voltaje de servicio determinado por el fabricante del equipo de acuerdo con el circuito de control suministrado. Será del tipo LED (diodo emisor de luz), con diodo para prueba de lámparas incorporado, cubierta de color apropiada y hecha de material que no decolore con el tiempo. La lámpara deberá poderse remplazar desde la parte frontal de los tableros. Si se requieren herramientas extractoras para este propósito, deberán ser suministradas con los equipos.

#### **2.12.24 Placas de identificación**

Todos los componentes del sistema contraincendio que requieran ser operados o supervisados deberán estar adecuadamente rotulados por medio de placas de identificación permanentes; los rótulos deberán indicar, entre otra información, el tipo de válvula o equipo, la posición normal (abierta o cerrada) de las válvulas, las capacidades o condiciones del equipo (presión, temperatura, etc.) y una breve descripción de la forma de operarlos.

### **2.13 INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS, TUBERÍAS Y ACCESORIOS**

El Contratista deberá instalar bajo su completa responsabilidad todos los equipos, tuberías y accesorios constitutivos de los sistemas de protección contraincendio.



El alcance de los trabajos será tal que se disponga, después del montaje, de sistemas de protección contraincendio completamente listos para entrar en operación en forma enteramente confiable y satisfactoria.

La instalación deberá hacerse de acuerdo con las prácticas recomendadas por las normas de la NFPA y siguiendo las instrucciones dadas por los fabricantes de los equipos y accesorios. El montaje deberá incluir la mano de obra calificada, equipos y herramientas de montaje, soldaduras, fundentes, consumibles, etc. El Contratista deberá suministrar todas las calzas, lechadas, pernos de anclaje, soportes de tubería, herramientas y/o dispositivos de montaje y todos los materiales necesarios para la instalación de los equipos y sistemas de tuberías.

Todas las soldaduras deberán ser efectuadas por soldadores y mediante procedimientos calificados de acuerdo con las normas del código ASME Sección IX y con las normas de la AWS; las pruebas de calificación podrán ser exigidas por la Interventoría.

Todas las actividades de instalación del equipo, tuberías y accesorios serán supervisados por la Interventoría, quien tendrá toda la autoridad en la obra para exigir el cumplimiento de las especificaciones.

## 2.14 PROTECCION DE SUPERFICIES

Todos los equipos, componentes y accesorios del sistema de protección contraincendio deberán ser protegidos contra los efectos de la corrosión mediante la aplicación de pintura. Todas las tuberías deberán pintarse con color rojo bermellón y se deberán aplicar los siguientes sistemas de protección:

### 2.14.1 Tubería y elementos de acero en interiores

- **Preparación de superficies:** Limpieza con chorro, metal casi blanco, hasta un grado equivalente al SSPC SP10 (Sa 2 1/2).
- **Sistema de protección:** Como imprimante anticorrosivo deberá aplicarse un material a base de resina epóxica, rico en zinc, hasta alcanzar un espesor de 75  $\mu\text{m}$ . Como pintura de acabado deberá aplicarse resina epoxipoliámida bituminosa hasta un espesor total de 175  $\mu\text{m}$ , recubierta por una pintura alquídica hasta completar 200  $\mu\text{m}$  de espesor.

### 2.14.2 Tuberías y elementos de acero enterrados

- **Preparación de superficies:** Limpieza con chorro, metal casi blanco, hasta un grado equivalente al SSPC SP10 (Sa 2 1/2).
- **Sistema de protección:** Todas las tuberías metálicas enterradas deberán ser protegidas exteriormente con resina epóxica rica en zinc, como imprimante anticorrosivo, hasta alcanzar un espesor de 75  $\mu\text{m}$ . Luego, como pintura de acabado, deberá aplicarse resina epoxipoliarmídica bituminosa hasta alcanzar un espesor total de 400  $\mu\text{m}$ .

### 2.14.3 Tuberías y elementos de acero expuestos a la atmósfera

- **Preparación de superficies:** Limpieza con chorro, metal casi blanco, hasta un grado equivalente al SSPC SP10 (Sa 2 1/2).
- **Sistema de protección:** Todas las tuberías expuestas a la atmósfera deberán ser protegidas exteriormente con resina epóxica rica en zinc, como imprimante anticorrosivo, hasta alcanzar un espesor de 75  $\mu\text{m}$ . Luego, como pintura de acabado, deberá aplicarse resina de poliuretano hasta alcanzar un espesor total de 200  $\mu\text{m}$ , recubierta con una pintura alquídica hasta completar 250  $\mu\text{m}$  de espesor.

## 2.15 PRUEBAS DE LOS SISTEMAS CONTRAINCENDIO

### 2.15.1 Aspectos generales.

Una vez terminada la instalación de todo el equipo, tuberías y accesorios, y antes de la entrega y recibo de los sistemas de protección contraincendio, el Contratista deberá someter a pruebas los sistemas para demostrar su correcta operación y el cumplimiento de las especificaciones. Las pruebas deberán realizarse de acuerdo con lo establecido en las normas NFPA 13 "Installation of sprinkler Systems", NFPA 14 "Installation of Standpipe and Hose Systems", NFPA 24 "Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances" y NFPA 25 "Water-Based Fire Protection Systems".

El Contratista deberá inspeccionar todo el equipo para verificar que esté libre de obstrucciones y en buenas condiciones para su correcto funcionamiento. Deberán efectuarse todas las reparaciones por daños ocurridos durante la instalación de los equipos, tuberías y accesorios.



Las pruebas en el campo serán dirigidas y ejecutadas directamente por personal del Contratista y bajo su total responsabilidad, pero bajo la presencia, supervisión general y aprobación de la Interventoría.

Todos los instrumentos de medida requeridos, así como también los dispositivos y equipos necesarios para efectuar la totalidad de las pruebas deberán ser suministrados por el Contratista. Todos los instrumentos deberán ser adecuadamente calibrados y las respectivas cartas de calibración deberán estar disponibles para su verificación por parte del Interventor.

## 2.15.2 Especificaciones de pruebas.

**2.15.2.1 Rociadores automáticos.** Las pruebas para el sistema de rociadores automáticos deberán ser realizadas de acuerdo con lo establecido en la norma NFPA 13 y en la norma NFPA 25 y consistirán básicamente en lo siguiente:

- Limpieza de la tubería. Toda la tubería de la red de rociadores automáticos deberá ser sometida, antes de la conexión de los rociadores, a un flujo de agua tal que remueva todas las obstrucciones originadas y suciedades acumuladas durante el proceso de instalación de la tubería.

El caudal necesario para efectuar el lavado deberá ser tal que produzca una velocidad de flujo en la tubería no menor que 3 m/s. Este caudal deberá mantenerse durante el tiempo que sea necesario hasta lograr una limpieza total en las tuberías.

**2.15.2.2 Prueba de presión hidrostática.** Toda la tubería de los sistemas contraincendio, deberá ser sometida a pruebas hidrostáticas a una presión de 1,38 MPa (200 psi), la cual deberá mantenerse durante 2 horas, tiempo durante el cual se inspeccionará visualmente toda la red de tubería y se determinará si existen fugas de agua. Durante a prueba, la presión no deberá variar mas de 0,03 Mpa (5 psi).

**2.15.2.3 Prueba de operación de los sistemas.** La capacidad y la presión de las bombas para suministro de agua deberán probarse a tajes del cabezal de pruebas instalado en la tubería de descarga. La operación de las bombas deberá verificarse y ajustarse por medio del interruptor de presión instalado en la tubería de descarga. Todas las pruebas del sistema de bombeo deberán ejecutarse de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la norma NFPA 20 "Centrifugal Fire Pumps".



Se deberá verificar la operación de las válvulas reguladoras de presión con diferentes valores de caudal y las presiones antes y después de las válvulas deberán registrarse.

Todos los mecanismos de detección de flujo y circuitos de alarmas deberán ser probados con flujo de agua a través de la conexión de inspección, instalada en las columnas de agua y deberá comprobarse el correcto funcionamiento de todos los instrumentos.

Para los gabinetes de manguera, se deberá probar el suministro de agua con el fin de verificar las condiciones de operación. El ensayo de descarga de agua debe realizarse en la conexión de manguera mas remota hidraulicamente. En dicho punto se deberán tomar medidas de presión y caudal.

Para los hidrantes, se deberá probar el suministro de agua con el fin de verificar las condiciones de operación. El ensayo de descarga de agua deberá realizarse en varios hidrantes seleccionados en varios tramos del túnel. En dichos hidrantes se deberán tomar medidas de presión y caudal.

**2.15.2.4 Reporte de las pruebas.** Terminadas las pruebas, el Contratista deberá suministrar a la Interventoria dentro de los quince (15) días calendario siguientes, dos (2) copias de los reportes de las pruebas efectuadas. Estos reportes deberán incluir toda la información sobre los procedimientos de prueba utilizados, características y tipos de instrumentos de medida y los resultados obtenidos, debidamente firmados por el Contratista y por el representante de la Interventoria.

**CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE**
**LISTA DE CANTIDADES DE OBRA - SISTEMA CONTRAINCENDIO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTRO		INSTALACION	
				PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)	PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)
I-1*	Bomba contraincendio de 500gpm de capacidad y una presión de 66,5m de columna de agua, NFPA-20	Un	1				
I-2*	Bomba reforzadora "jockey" de 5gpm de capacidad y una presión de 77m de columna de agua, NFPA-20	Un	1				
I-3*	Tablero para control de las bombas, NFPA-20	Un	1				
I-4*	Válvula reguladora de presión Ø 4", presión de entrada: 150psi; presión de salida: 80psi, clase 150	Un	3				
I-5**	Tablero de señalización y alarma, diseñado para recoger todas las señales indicadas en las especificaciones	Un	1				
I-6***	Válvula de compuerta Ø 4" , bridada, fabricada en fundición de hierro, clase 125	Un	14				
I-7***	Válvula de compuerta Ø 2 1/2" , roscada, fabricada en bronce, clase 125	Un	2				

**CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE**
**LISTA DE CANTIDADES DE OBRA - SISTEMA CONTRAINCENDIO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTRO		INSTALACION	
				PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)	PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)
I-8***	Válvula de compuerta Ø 2 1/2" , roscada, fabricada en bronce, clase 125, con conexión de manguera, tapa y cadena	Un	2				
I-9***	Válvula de compuerta Ø 2" , roscada, fabricada en bronce, clase 125	Un	2				
I-10***	Válvula de compuerta Ø 1 1/4" , roscada, fabricada en bronce, clase 125	Un	2				
I-11***	Válvula de compuerta Ø 1" , roscada, fabricada en bronce, clase 125	Un	2				
I-12	Válvula de globo Ø 4" , bridada, fabricada en fundicion de hierro, clase 125	Un	3				
I-13***	Válvula de cheque Ø 4" , bridada, fabricada en fundicion de hierro, clase 125	Un	3				

**CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE**
**LISTA DE CANTIDADES DE OBRA - SISTEMA CONTRAINCENDIO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTRO		INSTALACION	
				PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)	PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)
I-14***	Valvula de cheque Ø 11/4" , roscada, fabricada en bronce, clase 125	Un	1				
I-15***	Válvula de alivio Ø 3/4" x Ø 1", presión de descarga: 80psi, roscada	Un	1				
I-16**	Válvula solenoide Ø 1", roscada	Un	1				
I-17***	Gabinets de manguera clase II, con válvula de Ø 1 1/2", manguera de 30m y demás accesorios	Un	8				
I-18**	Rociador automático "sprinkler" de Ø 1/2", roscado, tipo "upright"	Un	22				
I-19***	Conexión siamesa para bomberos Ø 4", con dos conexiones de Ø 2 1/2", con tapa y cadena	Un	2				
I-20**	Conexión flexible para acople a bomba Ø 4", bridada, clase 125	Un	1				

**CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE**
**LISTA DE CANTIDADES DE OBRA - SISTEMA CONTRAINCENDIO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTRO		INSTALACION	
				PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)	PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)
I-21**	Conexión flexible para acople a bomba Ø 5", bridada, clase 125	Un	1				
I-22**	Conexión flexible para acople a bomba Ø 1 1/4", bridada, clase 125	Un	2				
I-23***	Extintor portátil de polvo químico seco de 6,8Kg de capacidad y una clasificación 2A;10B,C	Un	14				
I-24***	Extintor portátil de polvo químico seco de 9,1Kg de capacidad y una clasificación 4A;40B,C	Un	81				
I-25**	Extintor portátil de CO2 de 6,8Kg de capacidad y una clasificación 2A;10B,C	Un	16				
I-26	Hidrante tipo seco de Ø 4", bridado, suministrado con dos válvulas de compuerta Ø 2 1/2" , roscada, fabricadas en bronce, clase 125, con conexión de manguera, tapa y cadena	Un	81				

**CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE**
**LISTA DE CANTIDADES DE OBRA - SISTEMA CONTRAINCENDIO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTRO		INSTALACION	
				PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)	PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)
I-27***	Tubería de acero al carbono Ø 4", para soldar, ASTM A53, aerea, incluye accesorios, SCH40	m	65				
I-28***	Tubería de acero al carbono Ø 2 1/2", para roscar, ASTM A53, aerea, incluye accesorios, SCH40	m	5				
I-29***	Tubería de acero al carbono Ø 2", para roscar, ASTM A53, aerea, incluye accesorios, SCH40	m	30				
I-30***	Tubería de acero al carbono Ø 1 1/2", para roscar, ASTM A53, aerea, incluye accesorios, SCH40	m	165				
I-31***	Tubería de acero al carbono Ø 1 1/4", para roscar, ASTM A53, aerea, incluye accesorios, SCH40	m	10				
I-32***	Tubería de acero al carbono Ø 1", para roscar, ASTM A53, aerea, incluye accesorios, SCH40	m	60				
I-33***	Tubería de acero al carbono Ø 3/4", para roscar, ASTM A53, aerea, incluye accesorios, SCH40	m	3				

**CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE**
**LISTA DE CANTIDADES DE OBRA - SISTEMA CONTRAINCENDIO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTRO		INSTALACION	
				PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)	PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)
I-34*	Tubería en hierro ductil, K9 extremos campana y espigo, ISO 2531, Ø 6"	m	8200				
I-35*	Tubería en hierro ductil, K9 extremos campana y espigo, ISO 2531, Ø 4"	m	120				
I-36*	Tee reductora en hierro ductil, bridada, PN 16, ISO 2531, Ø 6"x Ø 4"	Un	81				
I-37*	Tee en hierro ductil, bridada, PN 16, ISO 2531, Ø 4"	Un	6				
I-38*	Codo de 90º en hierro ductil, bridado, PN 16, ISO 2531, Ø 4"	Un	110				
I-39*	Codo de 45º en hierro ductil, bridado, PN 16, ISO 2531, Ø 6"	Un	36				
I-40*	Union-Adaptador de brida en hierro ductil, PN 16, ISO 2531, Ø 6"	Un	116				



**CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE**

**LISTA DE CANTIDADES DE OBRA - SISTEMA CONTRAINCENDIO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTRO		INSTALACION	
				PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)	PRECIO UNITARIO (US Dólar)	PRECIO TOTAL (US Dólar)
I-41*	Reducción concéntrica en hierro ductil, bridada, PN 16, ISO 2531, Ø 6"x Ø 4"	Un	8				
I-42**	Manómetro Ø 4" de caratula, con conexión de Ø 1/2", roscada	Un	5				
I-43**	Interruptor de flujo tipo paleta con indicación remota	Un	2				
I-44**	Detector de nivel tipo pera con indicación remota	Un	4				
I-45**	Detector lineal de calor	m	8300				
I-46**	Transmisor-indicador de presión para control de bombas	Un	1				
I-47**	Detector de humo tipo fotoeléctrico para instalación en tablero	Un	20				
	<b>TOTAL</b>						
	<b>GRAN TOTAL</b>						

### **3. SISTEMA DE VENTILACIÓN**



## **ANEXO B**

### **3. SISTEMA DE VENTILACIÓN**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

Integral S.A adelanta actualmente, los estudios y diseños de la primera fase de la Conexión Vial Aburrá - Oriente para la Concesión Túnel Aburrá - Oriente S.A. Parte de este trabajo comprende el diseño de un túnel vehicular, para el cual Integral S.A. desarrolló el esquema básico de ventilación. Con base en este esquema, y con el fin de poder efectuar el estudio financiero que permita verificar la factibilidad del Proyecto, se han preparado los presentes términos de referencia para el suministro de los elementos del sistema de ventilación que se describen más adelante.

Los términos se han preparado para permitir a los proponentes ofrecer sistemas probados y que reflejen el estado actual de su líneas de producción. Para propósitos de comparación se solicita a los proponentes ofrecer el equipo mínimo solicitado; sin embargo, los proponentes pueden ofrecer las alternativas que, según su conocimiento, representen una ventaja para la Sociedad Concesionaria, justificándola adecuadamente.

En caso de que el estudio financiero del Proyecto haga viable su continuidad, lo cual se decidirá en el primer trimestre del año 2000, la Sociedad Concesionaria entrará en contacto con el Proveedor que resulte más conveniente a sus intereses.

#### **3.2 ALCANCE DEL TRABAJO**

Mediante la presente solicitud de cotización, el Proponente deberá cotizar lo siguiente:

- Diseño, fabricación y suministro de ventiladores, completos con sus motores y variadores de velocidad.

- Diseño, fabricación y suministro de los centros de control de motores requeridos para el arranque, control y paro de los ventiladores.
- Diseño, fabricación y suministro de los silenciadores para instalación a la succión y descarga de los ventiladores.
- Diseño, fabricación y suministro de los conos y de los difusores para instalación a la succión y descarga de los ventiladores, respectivamente.
- Diseño, fabricación y suministro de las compuertas tipo mariposa para instalación a la descarga de los ventiladores.
- Suministro de rejillas de aire y de compuerta de aislamiento
- Servicios de supervisión técnica durante las labores de montaje, pruebas y puesta en servicio de los ventiladores.
- Suministro de las partes de repuesto requeridas para operación continua del sistema durante los primeros cinco (5) años y de las herramientas que se requieran para el montaje, operación y mantenimiento de los equipos.
- Suministro de la información técnica especificada en el numeral 2.5 "Planos e información que deberá suministrar el Proveedor".
- Capacitación al personal de operación del Concesionario.

### **3.3 TRABAJOS NO INCLUIDOS DENTRO DEL ALCANCE**

Los siguientes trabajos serán realizados por otros:

- Construcción de las obras civiles.
- Instalación, pruebas y puesta en servicio de los equipos
- Acometidas eléctricas a cero metros de los motores y tableros de control.
- Conexiones eléctricas y de control desde los instrumentos hasta los respectivos tableros.



### 3.4 PRESENTACION DE LA PROPUESTA

La propuesta deberá presentarse antes del 13 de diciembre de 1999 por fax o por correo dirigida como se indica a continuación:

Señores  
INTEGRAL S.A.  
Atn: Luis Yezith Arbeláez A  
Director del Proyecto  
Carrera 46 No. 52-36, piso 13  
Teléfono 511 54 00, Fax 251 03 97  
Medellín-Colombia

### 3.5 LISTA DE CANTIDADES Y PRECIOS

La propuesta, deberá incluir precios de lo siguiente:

#### 3.5.1 Precios de los equipos

El Proponente deberá cotizar el precio de los equipos solicitados, FOB Puerto de Embarque. El proponente deberá cotizar los siguientes equipos de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones:

Item	Descripción	unidad	Cantidad
1	Ventilador axial reversible para un caudal de 140 m <sup>3</sup> /s y una presión de 2115 Pa, suministrado completo con motor, variador de velocidad, tablero de control y demás accesorios.	UN	4
2	Cono de succión para instalar a la entrada de los ventiladores.	Un	4
3	Difusor para instalar a la descarga de los ventiladores.	UN	4



Item	Descripción	unidad	Cantidad
5	Silenciador para instalar a la descarga de los ventiladores, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante	UN	4
6	Silenciador para instalar a la succión de los ventiladores, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante	UN	4
7	Compuerta motorizada de 2x4m para instalar en el muro divisorio localizado en la parte intermedia del túnel	UN	1
8	Rejilla para suministro de aire de 1x0,3m, provista con extractor de aire	UN	820

Dentro de los precios cotizados, el Proponente deberá incluir todos los costos en que incurra por la ejecución de las inspecciones y pruebas de fábrica que sean requeridas.

### 3.5.2 Precios unitarios por el personal de supervisión de pruebas y puesta en servicio de los ventiladores

El Proponente deberá cotizar el precio unitario hombre-día para días regulares de trabajo aplicable al personal de supervisión de pruebas y puesta en servicio.

### 3.5.3 Precio de las partes de repuesto

El Proponente deberá cotizar una lista de partes de repuesto que él recomienda para un periodo de cinco (5) años de operación normal de los equipos. Se deberá anexar la lista correspondiente.

### 3.5.4 Precio de las herramientas especiales para montaje, mantenimiento y pruebas

En caso requerido, el Proponente deberá cotizar una lista de herramientas especiales para montaje, mantenimiento y pruebas de los equipos ofrecidos. Se deberá anexar la lista correspondiente.

*y los precios*



### 3.6 PLAZOS DE ENTREGA

El Proponente deberá establecer en la propuesta, el plazo de entrega garantizado para el suministro de los ventiladores y demás equipos cotizados. El plazo máximo de entrega, FOB Puerto de Embarque, será de doce (12) meses contados a partir de la fecha de firma del contrato y de acordadas las características técnicas de los equipos.

### 3.7 CARACTERÍSTICAS GARANTIZADAS DE LOS EQUIPOS

El Proponente garantiza las siguientes características de los equipos ofrecidos, las cuales serán verificadas por medio de pruebas en fábrica y/o en campo:

- Caudal de aire en suministro (m<sup>3</sup>/s): \_\_\_\_\_
- Caudal de aire en extracción (m<sup>3</sup>/s): \_\_\_\_\_
- Presión total en suministro (Pa): \_\_\_\_\_
- Presión total en extracción (Pa): \_\_\_\_\_
- Eficiencia del ventilador en suministro a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (%): \_\_\_\_\_
- Eficiencia del ventilador en suministro a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (%): \_\_\_\_\_
- Consumo de potencia en suministro a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (kW): \_\_\_\_\_
- Consumo de potencia en extracción a las condiciones de caudal y presión indicadas anteriormente (kW): \_\_\_\_\_
- Potencia del motor (kW): \_\_\_\_\_
- Tiempo de inversión del flujo (Segundos): \_\_\_\_\_
- Velocidad mínima de operación (RPM): \_\_\_\_\_
- Velocidad máxima de operación (RPM): \_\_\_\_\_
- Máxima temperatura a la que puede operar el ventilador (°C): \_\_\_\_\_
- Tiempo máximo de trabajo a la temperatura anterior (Hr): \_\_\_\_\_

### **3.8 DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS**

El Proponente deberá incluir una descripción técnica de los equipos ofrecidos y en especial, lo relacionado con la siguiente información:

- Dimensiones de los equipos y cargas sobre las fundaciones
- Curvas de selección y operación de los ventiladores, incluyendo eficiencia a cargas parciales
- Materiales de fabricación y características de los elementos principales de los equipos tales como carcasa, eje, rotor, motor, rodamientos, etc.
- Sistema de control de la velocidad del motor, incluyendo eficiencias a cargas parciales
- Tablero para arranque y control de los ventiladores
- Características constructivas de los silenciadores

### **3.9 PROPUESTAS ALTERNATIVAS**

El Proponente podrá presentar propuestas alternativas al esquema propuesto. Las propuestas alternativas deberán ser presentadas lo suficientemente documentadas en sus aspectos técnicos, y económicos, de tal manera que permitan su evaluación.

De todas maneras, se deberá presentar el costo de los equipos para el crecimiento futuro del sistema ya sea instalando inicialmente ventiladores que tengan capacidad para manejar eficientemente, los flujos de aire desde el año 1 hasta el año 17 ó el costo de los ventiladores que se requieran para instalación en serie con los iniciales.

### **3.10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

#### **3.10.1 características principales del túnel**

Las siguientes son las características principales del túnel:

- Longitud: 8234 metros
- Pendiente: 2,25%

- Velocidad del diseño: 60 km/h, doble vía, una calzada
- Altitud del portal oriental: 2200 m.s.n.m.
- Altitud del portal occidental: 2020 m.s.n.m.
- Area de la sección vehicular : 48,77 m<sup>2</sup>
- Area de la sección de ventilación : 23,34 m<sup>2</sup>

### 3.10.2 Descripción general del sistema

#### 3.10.2.1 Tipo de ventilación

Se tiene contemplado la instalación de un sistema de ventilación semitransversal conformado por dos ventiladores axiales reversibles, instalados en cada uno de los portales. El aire que suministra cada estación de ventiladores se conduce a través del ducto de ventilación previsto en la parte superior del túnel, desde donde se introduce a la sección vehicular del mismo, por medio de rejillas espaciadas a lo largo de éste.

#### 3.10.2.2 Requerimientos del sistema

Según los datos de tráfico, a continuación se indican las necesidades de aire fresco en el sistema durante la vida útil del proyecto:

REQUERIMIENTOS	ETAPA INICIAL (Año 1 del proyecto)	ETAPA INTERMEDIA (Año 9 del proyecto)	ETAPA FINAL (Año 17 del proyecto)
Caudal por ventilador (m <sup>3</sup> /s)	104	141	172
Caudal por portal (m <sup>3</sup> /s)	208	282	344
Caudal total (m <sup>3</sup> /s)	416	564	688
Presión Total (Pa)	1145	2115	3130

Asimismo, y para efectos de determinar las condiciones de operación de los ventiladores, la siguiente es una distribución típica de los caudales de aire durante las 24 horas de un día normal de operación del túnel:

<b>Hora del día</b>	<b>Numero de horas de trabajo del sistema</b>	<b>Porcentaje del caudal de aire requerido en el sistema (%)</b>
1-5	5	25
6-16	11	90
17-20	4	100
21-24	4	40

Se tiene prevista inicialmente, la instalación de equipos para las necesidades de ventilación hasta el noveno año de la concesión, para lo cual, los equipos seleccionados deberán tener capacidad para operar eficientemente en todo el rango de operación.

### **3.10.2.3 Crecimiento futuro del sistema**

El sistema que se ha seleccionado, debe permitir una fácil adaptación a las condiciones futuras del año 17, que corresponde al de saturación del túnel. Por lo tanto, se requiere que el sistema tenga la capacidad de manejar los caudales requeridos al final de la concesión, considerando la instalación, en un futuro, de ventiladores en serie con los iniciales o instalando desde un comienzo, ventiladores que tengan capacidad para manejar eficientemente, los flujos de aire desde el año 1 hasta el año 17. La selección más conveniente se hará teniendo en cuenta el costo de los equipos y el costo de la energía eléctrica consumida durante los 20 años de la concesión.

### **3.10.3 Normalización**

Los materiales, equipos y dispositivos suministrados deberán cumplir con las normas y especificaciones de entidades reconocidas tales como:

- |  |         |
|--|---------|
| - American Institute of Steel Construction         | AISC    |
| - American National Standards Institute            | ANSI    |
| - American Society of Mechanical Engineers         | ASME    |
| - American Society for Testing and Materials       | ASTM    |
| - American Welding Society                         | AWS     |
| - Deutsches Institut fur Normung                   | DIN     |
| - Instituto Colombiano de Normas Técnicas          | ICONTEC |
| - Institute of Electrical and Electronic Engineers | IEEE    |
| - National Electric Manufacturers Association      | NEMA    |
| - National Electric Code                           | NEC     |
| - Verein Deutscher Ingenieure                      | VDI     |

### **3.10.4 Características de los equipos**

#### **3.10.4.1 Tipo de ventiladores**

En cada estación de ventilación se tendrán dos (2) ventiladores axiales reversibles con capacidad para manejar 140 m<sup>3</sup>/s de aire cada uno, contra una presión total de 2115 Pa. La cantidad de ventiladores en operación en cada estación y en cada momento dependerá de la intensidad del tráfico vehicular, de la concentración permisible del monóxido de carbono (CO) y de la visibilidad en el interior del túnel. Cada ventilador deberá operar con un control continuo de velocidad, de tal forma que se optimice el consumo de potencia de los ventiladores. Igualmente se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Control de velocidad que permita variar el caudal de aire en todo el rango de operación de los ventiladores. Para este caso, es necesario conocer el comportamiento del sistema eléctrico, principalmente la eficiencia del motor y del regulador de frecuencia, para operación a cargas parciales.

- Inversión rápida del flujo en caso de emergencia;
- Gran disponibilidad de los equipos, <sup>de un(os)</sup> ya que no se tendrá stand-by.

*Impresario de tiempo de suministro y reposición en caso de una eventualidad, y dará política de cumplimiento para los terminos que el proveedor este obligado.*

Con los equipos se deberán suministrar los correspondientes conos y difusores para ser instalados a la succión y a la descarga de los ventiladores.

### 3.10..4.2 Condiciones de emergencia

En condiciones de emergencia se requiere que los ventiladores tengan capacidad para extraer un caudal de 140 m<sup>3</sup>/s o sea 280 m<sup>3</sup>/s por cada portal (100% inversión de flujo). Se prefieren los sistemas que permitan una rápida inversión del flujo, lo cual se puede lograr, por ejemplo, variando el paso de los álabes con los ventiladores en movimiento y con los motores girando en el mismo sentido, o con la inversión del giro del motor.

El proponente podrá ofrecer cualquiera de estos mecanismos de reversión, siempre y cuando se cumplan las condiciones de seguridad para el sistema. Igualmente en condiciones de emergencia los ventiladores deberán ser adecuados para soportar una temperatura de 250°C, al menos durante una hora.

### 3.10..4.3 Motores eléctricos

Los motores eléctricos se deberán suministrar para operación continua, 60 Hz, 480 voltios. Los motores deberán ser diseñados para operar con un variador de velocidad que puede hacer variar la frecuencia desde 10 hasta 60 Hz; por lo tanto el aislamiento deberá ser diseñado para soportar los "spikes" que se generan por la conmutación de los tiristores.

De igual forma el diseño mecánico del motor debe tener previsiones para evitar las corrientes circulante en el eje, que afecten los rodamientos.

El sistema de refrigeración del motor deberá tener previsto el rango de oscilación de la velocidad del motor. y deberá diseñarse un sistema que permita mantener en servicio el motor aún con aumento de temperatura cuando se esté extrayendo humo caliente causado por un incendio.

Para el sistema de protección por sobretemperatura, los motores deberán diseñarse con termocuplas o RTD's insertadas en los devanados, y la señal deberá llevarse a un relé de temperatura, con la cual se darán las órdenes de alarma y de disparo.

### 3.10.4.4 Variadores de velocidad

Los variadores de velocidad para operar los motores de los ventiladores, deberán ser apropiados para operar en régimen permanente, con variaciones de carga entre el 10 y el 100 % y así mismo deberán permitir variaciones de la frecuencia desde 5 Hz hasta 60 Hz. Adicionalmente deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Lo indicado en las normas:

ANSI/IEEE. IEEE Std. 519 1992.	"IEEE Recommended Practices and Requirements for harmonic Control in Electrical Power Systems
ANSI/IEEE. IEEE Std. 1159 1995.	"IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality".
ANSI/IEEE. IEEE Std. 1250 1995.	"IEEE Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances".

- De ser necesario deben suministrarse los filtros entre el variador de velocidad y el motor, de tal forma que garantice la reducción de corrientes armónicas.
- Para reducir el factor THD del sistema de ventilación sobre la red eléctrica, se deben suministrar reactores o filtros conectados entre el variador de velocidad y la fuente eléctrica.
- De acuerdo con el contenido de armónicos que el variador puede generar, se deberán suministrar los correspondientes transformadores de aislamiento para generar los 12 o 24 pulsos. Así mismo se deben dimensionar los equipos correctores automáticos del factor de potencia, teniendo en cuenta que estos deberán diseñarse para soportar las sobretensiones generadas en el barraje por la presencia de armónicos, y por las altas corrientes cuando el sistema entra en resonancia.
- Debido a que los variadores de velocidad generan un contenido de armónicos, se debe suministrar los filtros de armónicos para el 3, 5, 7 armónico, los cuales deberán ser ajustables al porcentaje de carga que se este utilizando en el sistema de ventilación.
- El variador de velocidad a suministrar no deberá presentar sobrecargas para operar en todo el rango de ajuste de la frecuencia.
- El torque deberá ser mantenido durante todo el rango de operación de los ventiladores.

- El variador de velocidad deberá permitir una variación del voltaje de alimentación entre el -15% y 100% del valor nominal y una variación de la frecuencia de alimentación entre 45 y 65 HZ, sin afectar la salida hacia el motor.
- El variador de velocidad deberá ser inmune al ruido eléctrico y deberá ajustarse a las estipulaciones de Compatibilidad Electromagnética, por los que debe incorporarse en su circuitos filtros de RFI.
- Como mínimo los variadores de velocidad deberán tener las siguientes funciones de protección:
  - Protección de sobrecorriente
  - Protección de sobrevoltaje
  - Protección se bajo voltaje
  - Protección de falla a tierra
  - Supervisión de secuencia de fase
  - Protección de aumento de temperatura de la unidad
  - Protección de sobrecarga
  - Protección de marcha en vacío
  - Protección de ausencia de tensión de control

#### **3.10.4.5 Tableros de control**

Hace parte del suministro del sistema de ventilación, los tableros de control manual - local para arranque, control, protección y paro de los ventiladores, los cuales deberán proveerse con borneras y facilidades para interconexión de las señales análogas y digitales de control y de supervisión, provenientes de las unidades maestras de control del sistema de ventilación, las cuales serán suministradas por otros.

La filosofía del control es la siguiente: A las unidades maestras de control del sistema de ventilación se conectarán las señales provenientes de los medidores de CO, visibilidad y de los anemómetros dispuestos a lo largo del túnel; las conexiones se harán a través de unidades terminales remotas (RTU). Igualmente a las unidades maestras de control serán llevadas las señales del sistema de tráfico y las alarmas debidas a situaciones de emergencia, para que se efectúe el control requerido en los ventiladores.

Los tableros de control deberán ser diseñados y construidos de acuerdo con las normas NEMA para gabinetes de control industrial y deberán suministrarse completamente ensamblados, alambrados, ajustados y probados en fábrica, con interruptores, arrancadores, transformadores, bloques terminales y protecciones para control de los ventiladores. Adicional a lo antes indicado, los tableros deberán suministrarse con contador de horas de servicio para cada ventilador, indicador de modo de operación (manual o automático), indicación de las condiciones de funcionamiento de cada ventilador o de la velocidad de operación y previsiones para llevar las señales de los indicadores de CO, visibilidad y flujo de aire (anemómetros), instalados en el interior del túnel. También se deberán incluir las señales provenientes de los medidores de vibración de los ventiladores, los cuales enviarán señales continuamente, para indicar tanto situaciones de alarma, como de parada del ventilador en caso de sobrepasarse los valores máximos admisibles.

#### **3.10.4.6 Silenciadores**

Los ventiladores serán instalados en un salón separado, y por lo tanto, no existe una exigencia especial en cuanto al nivel máximo de ruido en su interior; sin embargo, se considera que se deberán instalar silenciadores para mantener un nivel de ruido de 110 dB(A) en el salón de los ventiladores. Por otro lado, se considera recomendable no exceder de 85 dB(A) el nivel de ruido producido por la operación del sistema de ventilación en el interior del túnel, medido a 1m por encima de la vía. El Proponente deberá indicar en su propuesta el tipo y cantidad de silenciadores necesarios para cumplir con las condiciones generales antes indicadas. En caso de que el proponente considere que se requieren otro tipo de medidas deberá indicarlo en su oferta.

#### **3.10.4.7 Rejillas de suministro de aire**

*(control electrónico)*

Las rejillas deberán fabricarse en aluminio, suministradas con reguladores de control de volumen del tipo de aleta opuesta operado por llave desde la parte inferior de la rejilla. Las rejillas de suministro deberán ser del tipo de deflexión doble, con barras anteriores verticales ajustables y barras posteriores horizontales ajustables. Las rejillas deberán suministrarse con extractores de aire.

#### **3.10.5 Planos E Información Que Deberá Suministrar El Proveedor**

Posterior a la firma del contrato, y en los plazos indicados a continuación, el Proveedor deberá suministrar dos (2) copias de la siguiente información técnica:

### **3.10.5.1 Planos**

Dentro de tres meses siguientes a la fecha de firma del contrato, el Proveedor deberá entregar planos generales de los equipos, mostrando toda la información necesaria para permitir la ejecución de los diseños definitivos de las estructuras donde éstos serán instalados; por lo tanto, deberán contener información completa sobre pesos, cargas y fuerzas estáticas y dinámicas, detalles completos de anclajes, detalles de conexiones eléctricas y de control (diagramas esquemáticos y de alambrado) y dimensiones generales, según sea aplicable.

### **3.10.5.2 Instrucciones de montaje**

Con una anticipación de por lo menos un mes antes de la fecha de entrega de los equipos, el PROVEEDOR deberá entregar un manual de montaje que incluya instrucciones detalladas, claras y completas para el montaje de los ventiladores y demás equipos suministrados.

### **3.10.5.3 Manual de pruebas en campo y puesta en servicio**

Con una anticipación de por lo menos un mes a la fecha de entrega de los equipos, el Proveedor deberá entregar un manual de pruebas en campo y puesta en servicio de los equipos suministrados que incluya instrucciones completas, claras y detalladas acerca de las pruebas preoperativas y operativas en el campo y la puesta en servicio.

### **3.10.5.4 Manual de operación y mantenimiento de los equipos**

Con una anticipación de por lo menos un mes a la fecha de entrega de los equipos, el Proveedor deberá entregar un manual de operación y mantenimiento de los equipos suministrados

### **3.10.6 Instalación de los equipos y pruebas del sistema**

La instalación de los equipos será efectuada por otros, pero el proveedor deberá suministrar el personal de supervisión del montaje, arranque y pruebas de los equipos suministrados, a las tarifas indicadas en la propuesta.



### 3.11 ANEXOS

Se anexa la siguiente información:

- Plano general de localización del proyecto.
- Esquema general del sistema de ventilación.
- Esquema de ubicación de los ventiladores en los portales.

DIGITALIZADO