

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 1 DE 24</p>

TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETO	3
2	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	3
3	CRITERIOS DE DISEÑO PARA TUBERÍA.....	6
3.1	BRIDAS	7
3.2	VÁLVULAS	7
4	PROTECCIÓN CATÓDICA	10
4.1	VERIFICACIÓN DEL PERFIL DE RESISTIVIDAD	10
4.2	VERIFICACIÓN DEL PERFIL DE PH	10
4.3	ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN.	10
4.4	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE PROTECCIÓN.	12
4.5	CAMAS ANÓDICAS.....	13
4.6	RECTIFICADOR DE CORRIENTE.....	13
4.7	PUESTA A TIERRA	14
4.8	BRIDAS AISLANTES.....	14
4.9	INSTALACIÓN	14
	ANEXOS	16
	ANEXO N°1: CÓDIGOS, NORMAS, ESTÁNDARES Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA	16
	ANEXO N°2: SISTEMA DE UNIDADES	18
	ANEXO N° 3: TIPOS DE TUBERÍAS COMERCIALES	22



CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA

VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017

**CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA**

**BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA**

**VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 2 DE 24**

ANEXO N°4: LISTA DE ELABORADORES.....24

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017</p> <p>PÁGINA 3 DE 24</p>

1 OBJETO

El objeto de este documento es definir las bases y criterios de diseño que se deben tener en cuenta para la selección de la tubería y la protección catódica, durante la etapa de diseño del gasoducto Buenaventura-Yumbo.

2 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Para tener un entendimiento adecuado de los términos contenidos en este documento citamos las siguientes definiciones provenientes principalmente de la resolución CREG 126-2.010, la NTC 3728 y el ASME Code B31.8:

Actuador: Mecanismo que hace que una válvula se cierre o se abra.

Agrupamiento o Clúster: Un grupo de edificios destinados para ocupación residencial que están cercanamente espaciados y que daría como resultado un notable y claro incremento en la densidad de edificios con respecto a las áreas circundantes. Ejemplos pueden ser urbanizaciones o grupo de casas en sitios despoblados o zonas de camping.

Barrera física: Un pantano, ciénaga, gran río, acantilado, risco, parque nacional o cualquier otro aspecto del medio ambiente o control sobre el uso del suelo que limita la expansión o extensión de desarrollos de ingeniería más allá de un cierto punto de las redes de transporte o distribución de gas.

Clase de localidad: Clasificación de un área geográfica a lo largo del recorrido de un sistema de tuberías, de acuerdo con el número y proximidad a edificaciones destinadas para ocupación humana. Se aplican en prescripción de factores de diseño para la construcción, operación y ensayo de los sistemas de tuberías localizadas dentro de un área específica, teniendo en cuenta requisitos particulares de operación y mantenimiento.

Condiciones estándar: Definen el pie cúbico estándar como el volumen de gas contenido en un pie cúbico a una presión de 14.65 Psia, y a una temperatura de 60°F. A estas condiciones se referirán los volúmenes y el poder calorífico del gas transportado por el Sistema Nacional de Transporte. Nota: se debe tener en cuenta que a nivel internacional los valores de referencia se definen de acuerdo a la norma ISO 6976 [0°C / 0°C, 1.01325 bar], lo cual equivale a 32°F y 14.696 psi.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017</p> <p>PÁGINA 4 DE 24</p>

Derecho de vía: Franja de terreno destinada a alojar la tubería para el transporte o la distribución de gas.

Excavabilidad: La excavabilidad se define como la facilidad que presenta un terreno para ser excavado. Este término es de suma importancia debido a que el conocimiento de las características de los terrenos donde se va a excavar para instalar la tubería permite hacer una adecuada elección de los equipos; también permite calcular los precios de la excavación para cada tramo de suelo y de esta forma hacer una estimación de los costos totales de la obra.

Estación Reguladora Puerta de Ciudad (ERPC): Instalación destinada a reducir la presión del gas, a una presión predeterminada.

Gas de Empaquetamiento: Es el volumen promedio de gas natural contenido en un sistema de transporte de gas, estimado con base en modelos de dinámica de fluidos a condiciones físicas promedio de operación, que permite el movimiento del fluido transportado por diferencia de presiones. Este gas no debe incluir Gas de Parqueo.


Gas inerte: Gas no combustible.

Gas o gases combustibles: Gases de la segunda o tercera familia aptos para uso como combustible en aplicaciones de tipo doméstico, comercial o industrial, suministrados a los usuarios a través de uno o varios sistemas de tuberías. Los tipos comunes de estos gases que se distribuyen comercialmente en la República de Colombia son el gas natural (GN), y los gases licuados del petróleo (GLP) en estado de vapor mediante vaporización natural o forzada, con o sin la mezcla de aire propelente. (Véase la NTC 3527).

GNL: Gas Natural Licuado (GNL) es gas natural que ha sido enfriado hasta el punto de que se condensa a fase líquida, lo cual ocurre a una temperatura de aproximadamente -161 °C y presión atmosférica. La licuefacción reduce el volumen aproximadamente 600 veces, haciéndolo así más económico para transportar.

Gas de Parqueo: Es el volumen de gas natural que un remitente entrega al transportador para almacenarlo en el sistema de transporte durante un periodo acordado entre las partes.

Hot taps: Conexiones hechas sobre líneas sin liberar la presión a la que están sometidas.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 5 DE 24</p>

Loop: Es una línea de gasoducto que se deriva de un gasoducto y se vuelve a conectar al mismo en otro punto, con el objeto de aumentar la capacidad de transporte del respectivo gasoducto.

Perforación dirigida: Técnica consistente en la ejecución de túneles mediante la utilización de un dispositivo que comprime o extrae el suelo tras su paso dejando una perforación por la cual se permite la instalación de la tubería; tiene la posibilidad de guiar la perforación tanto horizontal como vertical a todo lo largo del lanzamiento.

Perforación horizontal: Técnica consistente en la ejecución de túneles mediante la utilización de un dispositivo que comprime o extrae el suelo tras su paso dejando una perforación por la cual se permite la instalación de la tubería. Tiene la posibilidad de guiar la perforación solamente en un plano horizontal a lo largo del lanzamiento.

Sistema de Transporte Existente: Son los activos del Sistema Nacional de Transporte - SNT para los cuales, a la fecha de entrada en vigencia de la Resolución 126-2.010, la CREG ha aprobado cargos regulados.

Sistema Troncal de Transporte – STT: Es el tramo o grupo de gasoductos del SNT, con diámetros iguales o superiores a 16 pulgadas, derivados de puntos de entrada de campos de producción o de puntos de transferencia de otro(s) sistema(s) de transporte, a través de los cuales se transporta gas hasta Sistemas Regionales de Transporte, mercados relevantes de comercialización, la conexión de usuario(s) no regulado(s), otro(s) sistema(s) de transporte y sistemas de almacenamiento. Esta definición se utilizará únicamente para efectos de aplicar el Factor de Utilización Normativo.

Sistema Regional de Transporte – SRT: Es el tramo o grupo de gasoductos del SNT, con diámetros inferiores a 16 pulgadas, derivados de Sistemas Troncales de Transporte, puntos de entrada de campos de producción o puntos de transferencia de otros sistemas de transporte, a través de los cuales se transporta gas hasta otro(s) Sistema(s) Regional(es) de Transporte, mercados relevantes de comercialización, la conexión de usuarios no regulados o sistemas de almacenamiento. También aquellos que permiten transportar gas natural entre dos o más mercados relevantes de comercialización. Los Sistemas Regionales de Transporte no incluirán activos pertenecientes a sistemas de distribución. Esta definición se utilizará únicamente para efectos de aplicar el Factor de Utilización Normativo.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 6 DE 24</p>

Venteo: Dispositivo que permite el flujo de gas desde la cámara atmosférica del diafragma de un regulador hasta la atmósfera en el evento de una ruptura del diafragma.

Vida Útil: Para efectos de la aplicación de la Resolución CREG 126-2.010, se entenderá que la vida útil de los activos es de 50 años.

Vida Útil Normativa: Es el período de 20 años, contado a partir de la fecha de entrada en operación de un activo, del cual dispone el transportador, de acuerdo con la regulación, para recuperar el valor eficiente de la inversión. Vencido este período se asumirá para todos los efectos que el valor eficiente de la inversión reconocida fue remunerado en su totalidad. Para el caso de los activos que forman parte del PNI (Programa de Nuevas Inversiones) y de las IAC (Inversiones en Aumento de Capacidad), este período se contará a partir de la entrada en vigencia de los cargos calculados con la presente metodología y que remuneren tales activos. Para aquellos gasoductos contruidos bajo esquema contractual de BOMT se mantendrá el periodo de treinta (30) años para la Vida Útil Normativa, establecido para el Periodo Tarifario t-1, sin perjuicio de que en la aprobación de cargos la Comisión decida un periodo distinto.

3 CRITERIOS DE DISEÑO PARA TUBERÍA

La base de diseño para tuberías se mantendrá como un documento vivo en toda la ejecución del proyecto y se actualizará durante la Ingeniería básica para las actividades de adquisición.

Información adicional se añadirá a esta base de diseño de tuberías según sea necesario durante el desarrollo de la Ingeniería del proyecto.

Todas las tuberías de proceso deberán ser diseñadas, fabricadas, inspeccionadas y probadas de acuerdo con los códigos y las normas incluidas en este documento: las normas NTC 3728 y ASME B31.8 Código (Transmisión de Gas y Sistemas de distribución de tuberías) o (B31.4 Sistemas de tuberías de transporte de hidrocarburos líquidos y otros líquidos) se utilizarán en el diseño específico de la línea del gasoducto y las normas NTC 3949 (Estaciones de regulación) y ASME B31.3 (tuberías de proceso) se utilizarán para el diseño de las tuberías dentro de las estaciones de despacho y de recibo.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 7 DE 24</p>

Todos los elementos que formen parte de las tuberías deberán cumplir con la última edición de las normas referenciadas (ASME / ANSI, API o MSS) de acuerdo a cada uno de los elementos (tuberías, bridas, válvulas, accesorios, juntas, etc.)

Los sistemas de tuberías deberán cumplir con todas las regulaciones locales.

El diseño debe estar en estricta conformidad con los requisitos de esta norma y de los códigos y normas mencionados.

3.1 BRIDAS

Las dimensiones de las Bridas deberán cumplir con ASME B16.5 Código y / o ASME B16.47.

Para los servicios de condiciones severas (ANSI Clase 900, 1500 o superior y temperatura de hasta 480 ° F) se diseñarán con bridas tipo RTJ (ring type joint flange).

El acabado de las caras de bridas no metálica será estándar a la comercial disponible. Para juntas en espiral, la cara de contacto tendrá un acabado 125 AARH, son aceptables una AARH entre 100 y 150.

3.2 VÁLVULAS


El material y la clasificación se diseñarán con las temperaturas máximas y presiones máximas, de conformidad con ASME B16.34 o API 602.

Las pruebas de válvulas deberán cumplir y estar certificadas según API 6D o API 598 y API 6FA para el requisito de prueba de fuego.

Las válvulas con sello del anillo o recubrimiento de Teflón (TFE) están limitados a 450 ° F. Las válvulas con cuerpo, anillos de sello u otros recubrimientos de plástico se limitan a la temperatura máxima recomendada por el fabricante.

Para NPS menores a 2 se utilizará válvulas roscadas, para NPS iguales o superiores a 2, se utilizarán válvulas bridadas.

Cuando se requiera tratamiento térmico después de soldadura en tubería, es necesario, que las válvulas sean bridadas.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 8 DE 24</p>

Ninguna junta de tapa ciega, con contenido de asbesto está permitida.

Los extremos bridados de las válvulas deberán estar de acuerdo con ASME B16.5. Para válvulas con bridas clase 125 # y 250 # cumplirán ASME B16.1 para el dimensionamiento.

Los dispositivos de alivio de presión (válvulas de seguridad, discos de ruptura) estarán accesibles y serán de fácil montaje. Las válvulas de seguridad deberán instalarse con el eje en posición vertical. Otras válvulas pueden ser inclinadas, siempre y cuando el vástago este por encima de la posición horizontal.

En la entrada y en la salida de las válvulas de seguridad, el vástago de la válvula será siempre orientado horizontalmente.

En tuberías que contengan líquidos peligrosos, el vástago de la válvula no se instalará por debajo del nivel horizontal.

El indicador de posición de las válvulas de bola de accionamiento engranajes deberá ser visible desde el suelo cuando se encuentre en funcionamiento.



Para válvulas de mariposa, se debe comprobar en su instalación que, durante la manipulación, la mariposa no interfiere con los elementos dentro de tuberías tales como instrumentación, reducciones de línea, revestimiento interior, etc.

Las válvulas de control asociadas a los equipos paquete deberán estar situados lo más cerca posible del equipo de referencia al que están destinadas.

Las válvulas de control también pueden ser localizadas junto a las calzadas, áreas de trabajo y los pasillos, pero sin que los vástagos generen obstrucciones o riesgos de seguridad. Las válvulas de control, operadas por un controlador local deberán estar situadas dentro del alcance visual del operador para permitir ajustes de operación.

Carretes o reducciones entre brida y las válvulas de control se hará lo suficientemente largo para permitir la extracción del perno. En líneas atornilladas con una válvula de control perñada, las uniones deben ser instaladas en cada lado de la válvula de control.

Cuando las condiciones de alta caída de presión se presenten a través de las válvulas de control, los armónicos sonoros junto con los niveles de ruido extremas se pueden presentar. La alineación de las Tuberías debe ser cuidadosamente

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 9 DE 24</p>

evaluada y diseñada para asegurar que su tamaño y aguas abajo, no permita la transmisión de vibraciones excesivas y ruido.

Las válvulas de seguridad deberán instalarse en áreas accesibles para asegurar el funcionamiento y desmontaje.

La entrada de la válvula de seguridad será vertical y lo más corto posible para minimizar la caída de presión, dependiendo de la geometría del sistema.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 10 DE 24</p>

4 PROTECCIÓN CATÓDICA

4.1 VERIFICACIÓN DEL PERFIL DE RESISTIVIDAD

Se deberá elaborar un perfil de resistividades de los suelos a lo largo del trazado de la línea de flujo de gas, para lo cual se deben efectuar mediciones de resistividad con el método de los cuatro electrodos, tomando lecturas cada 500 metros a lo largo del trazado del gasoducto a profundidades de 1.0, 2.0 y 3.0 metros.

Se aplicará la Norma ASTM G57-78 (1984) Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method.

Se debe utilizar un equipo medidor de resistividades Tipo Nilsson y los valores de resistividad obtenidos deberán ser expresados en Ohm-cm y graficados en hoja electrónica Excel, tomando el eje vertical o de las ordenadas para los valores de resistividad en escala logarítmica y el eje horizontal o de las abscisas a escala natural para las distancias.

4.2 VERIFICACIÓN DEL PERFIL DE PH

Se deberá elaborar un perfil de pH del suelo a lo largo del trazado de la línea de flujo de gas, para lo cual se efectuarán mediciones de pH cada quinientos (500) metros a lo largo del trazado. Los valores de pH obtenidos deberán ser graficados en hoja electrónica Excel tomando como eje vertical o de las ordenadas para los valores de pH y el eje horizontal o de las abscisas para las distancias.

4.3 ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN.

Sistema por ánodos de sacrificio.

El sistema galvánico utiliza como material anódico, un metal que en la serie electromotriz sea más electronegativo que el metal que se va a proteger, a fin de que por diferencia de potencial genere la corriente requerida para controlar la corrosión. El metal más electronegativo o ánodo, es conectado eléctricamente a la estructura a proteger y enterrado en el suelo; formando una celda de corrosión galvánica, en el cual el metal de la estructura (cátodo) es protegido y el del material anódico (ánodo) es desgastado. Como la corriente de protección es obligada a salir del ánodo y no de la estructura, el primero se corroe y la segunda se protege. La corriente regresa al ánodo a través del conductor eléctrico cerrando de esta forma el circuito.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 11 DE 24</p>

Existe comercialmente una amplia gama de materiales usados como ánodos, pero en este tipo de sistemas y para este caso los adecuados serán, de magnesio, debido a que manejan un alto potencial de corrosión. Generalmente esta distribución debe considerar las dimensiones de los ánodos, valores de resistividad del suelo y el espacio físico para el montaje de los mismos.


Un sistema de Ánodos Galvánicos, en términos genéricos presenta las siguientes ventajas:

- Baja susceptibilidad a problemas de interferencias externas.
- Bajos costos de mantenimiento.
- No requieren de fuentes externas de energía.
- No generan un costo directo de operación.
- Tienen buen comportamiento en suelos de alta y baja resistividad.
- Son eficientes en medios sólidos porosos (suelos).
- Son de fácil instalación.

Dentro de las desventajas o limitaciones de un sistema de Ánodos galvánicos se resaltan:

- El potencial eléctrico disponible es limitado.
- Están sujetos a variaciones del medio ambiente que afectan su operación.
- En medios ácidos son atacados directamente por el ácido, disminuyendo considerablemente su eficiencia y vida útil.
- Su vida útil depende de la cantidad de material anódico.
- Las altas temperaturas ligadas a los componentes químicos del electrolito son inconvenientes que afectan su operación.
- No son económicos para altos requerimientos de corriente (grandes estructuras).

Sistema Por Corriente Impresa.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017</p> <p>PÁGINA 12 DE 24</p>

Este sistema está fundamentado en tomar corriente alterna en baja tensión y llevarla a un rectificador (aunque existen otros tipos de fuentes de corriente, como las baterías) que la convierte en corriente directa; esta corriente directa es conectada al material anódico instalado en el sistema, que la distribuye en el electrolito (suelo), a través del cual llega a la estructura a proteger, y retorna por el negativo, cerrando de esta forma el circuito eléctrico.

Dentro de las ventajas más relevantes de un sistema de protección catódica por corriente impresa, se pueden citar las siguientes:

- Manejo distante de potenciales.
- Alto drenaje de corriente para la protección de grandes estructuras.
- Facilidad de variar la salida de corriente dependiendo de los cambios del electrolito y aumento de la estructura, cuando hay corriente disponible en el rectificador.
- Aplicable en suelos de alta y baja resistividad.

Entre las desventajas o limitaciones de un sistema de protección catódica por corriente impresa se resaltan:

- Presencia de interferencias por corrientes parásitas, en estructuras ajenas al sistema.
- Posible pérdida de la protección, debido a caídas en la fuente de corriente alterna.
- Alta Inversión inicial por el costo de equipos, materiales y especificaciones, en montajes de bajos requerimientos de corriente.
- Altos costos de mantenimiento y de operación para estructuras pequeñas.
- Requerimientos de monitoreo de las condiciones operacionales del rectificador con mayor frecuencia, que en los sistemas de tipo Galvánico.

Los ánodos para sistemas por corriente impresa utilizados en suelos, normalmente vienen contruidos en grafito, acero, ferrosilicio, titanio o metales oxidados y usualmente revestidos y/o cubiertos con polvo de coque, a fin de proteger su vida útil y procurar un desgaste uniforme.

4.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE PROTECCIÓN.

La selección de la alternativa de protección se fundamenta en los análisis técnicos y económicos, que hagan viable la opción de las dos tecnologías disponibles en el mercado.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 13 DE 24</p>

Por tratarse de una estructura grande a proteger, se requiere una corriente considerable, por lo cual un sistema por corriente impresa se ajusta a las necesidades de aplicación; sin embargo, se considerará reforzar con ánodos de sacrificio en los cruces de ríos, este sistema será distribuido de acuerdo al número de camas arrojadas durante el cálculo.

4.5 CAMAS ANÓDICAS

Se propone la construcción camas anódicas de lecho continuo que estarán conformadas por ánodos tipo MMO conectados al rectificador por medio de una acometida en PVC de 1" y cable con aislamiento para 600 voltios tipo HMWPE.

En cruces de ríos se propone un refuerzo para la protección catódica, por ser estos puntos críticos de corrosión para el tubo. Este sistema propuesto consiste en la instalación de dos camas anódicas a lado y lado de los ríos.

4.6 RECTIFICADOR DE CORRIENTE.

Se seleccionarán rectificadores de corriente, enfriados por aire, diodos de silicio, voltaje de alimentación de 120 a 220 voltios AC, con capacidades de corriente en DC de acuerdo a las memorias de cálculo.

El rectificador deberá tener las siguientes características:

- a) Protección de sobre carga y corto circuito en corriente alterna y continua.
- b) Taps para ajuste de grueso a fino.
- c) Temperatura máxima de trabajo 45 grados centígrados.
- d) Se debe cumplir con los requisitos dados por la norma NEMA STANDARD MR-20.
- e) Los rectificadores deberán tener en su gabinete un terminal para tierra y que tenga capacidad para conectar un cable desnudo No. 4 AWG proveniente de una malla a tierra.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 14 DE 24</p>

4.7 PUESTA A TIERRA

El rectificador de protección catódica tendrá su propio sistema de puesta a tierra el cual consiste en instalar en un sitio aledaño, tres varillas de $\varnothing 5/8"$ x 2.4 metros de longitud, dando un sentido triangular separadas entre sí 3 metros y unidas por medio de cable desnudo electrolítico recocido de cobre AWG No. 2 (7 hilos) el cual quedará unido a las varillas por medio de soldadura exotérmica de 32 g.

4.8 BRIDAS AISLANTES

Para la efectividad del sistema diseñado, es indispensable que la línea se encuentre aislada de otras estructuras para lo cual se deberán instalar flanges de aislamiento en todos los puntos que tengan salidas de tipo metálico, al igual que en un punto intermedio de la línea.



Los sellos de aislamiento dieléctrico deberán cumplir la Norma ANSI B16-21 "Juntas no metálicas para bridas de tubo".

Para otras estructuras tales como cruces encamisados, Marcos "H" o puentes metálicos, se recomienda utilizar espaciadores aislantes los cuales consisten en algún tipo de bloques aislantes normalmente de material plástico o de caucho, que se colocan a intervalos alrededor de la tubería asegurados por medio de bandas de acero, garantizando que, en la manipulación mecánica, no se averíe el revestimiento de la tubería ni el de la estructura foránea.

4.9 INSTALACIÓN

Los rectificadores se localizarán en un sitio fácilmente accesible, de manera tal que se pueda inspeccionar y ajustar regularmente, no debe quedar localizado cerca de los sitios residenciales, parques de diversión o en lugares donde el vandalismo pueda convertirse en un problema.

Una adecuada ventilación es importante. Los rectificadores enfriados con aire se enfrían por convección, de manera que el aire pueda enfriar el calor producido en su trabajo. Se debe mantener la cabina por lo menos separada por un pie de distancia de cualquier otro objeto. Todo esto se puede verificar antes de que se presenten los problemas, sencillamente controlando la temperatura de todos los contactos una vez que se ha prendido la unidad.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 15 DE 24</p>

El adecuado enfriamiento de todas las partes del rectificador siempre ha sido un problema, la acumulación de polvo, los nidos de pájaros o insectos o cualquier cosa en los agujeros de entrada del aire de enfriamiento pueden causar recalentamiento y falla en la unidad. La mayoría de los rectificadores reciben su ventilación a través de mallas, las cuales tienen una abertura máxima de 1/8".

Esto puede prevenir la entrada de insectos y pájaros causando problemas, razón por la cual se deberá tener mucho cuidado que no se deje ningún agujero destapado de la unidad que permita a estos animales causar daño.

  <p>CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017</p> <p>CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>
<p>BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA</p>	<p>VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017 PÁGINA 16 DE 24</p>

ANEXOS

ANEXO N°1: CÓDIGOS, NORMAS, ESTÁNDARES Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los documentos de referencia que sirven de base para el desarrollo de esta ingeniería son:

- RESOLUCIÓN 023 DEL 2013.
- RESOLUCIÓN 054 DEL 2012.
- RESOLUCIÓN CREG-071 DE 1999.
- RESOLUCIÓN 40006 DE 2017 MME.

CÓDIGOS Y ESTÁNDARES

NORMA	DESCRIPCIÓN
AGA No. 5	Natural Gas Energy Measurement
AGA No. 7	Measurement of Natural Gas by Turbine Meter
AGA No. 8	Thermodynamic Properties of Natural Gas and Related Gases, DETAIL and GROSS Equations of State
AGA No. 9	Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters
AGA No. 11	Measurement of Natural Gas by Coriolis Meter
NTC 3728	Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas



VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017

CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA**CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA****BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA****VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 17 DE 24**

NTC 3838	Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles
NTC 3949	Gasoductos. Estaciones de Regulación de Presión para Líneas de Transporte y Redes de Distribución de gas combustible.
NTC 3991	Soldadura de líneas de tuberías y de instalaciones relacionadas.
ASME B31.3	Code for Pressure Piping
ASME B31.8	Gas transmission and distribution piping system
ASME B36.10	Welded And Seamless Wrought Steel Pipe
API 14	Natural Gas Fluids Measurement

**CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA****CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA****BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA****VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 18 DE 24****ANEXO N°2: SISTEMA DE UNIDADES**

MAGNITUD	SÍMBOLO DE LA MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO DE LA UNIDAD
Longitud	L	metro	m
Masa	M	libras	lb
Temperatura	T	Grados Fahrenheit	F
Tiempo	t	segundo	s
Corriente eléctrica	I	Amperio	A
Cantidad de sustancia	x	libra mol	lbmol
Intensidad luminosa	Iv	candela	cd

MAGNITUDES Y UNIDADES DERIVADAS

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO DE LA UNIDAD
Viscosidad Dinámica	Centipoise	cP
Presión (Instrumentación)	Pulgadas de agua	H ₂ O"
Presión (Para los concretos y aceros)	Megapascal	MPa



CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA

VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017

CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN TUBERÍA Y PROTECCIÓN CATÓDICA

**BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA**

VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 19 DE 24

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO DE LA UNIDAD
Presión	Libras/ pulgada ²	PSI
Área (ó superficie)	Metros ²	m ²
Área para equipos	Pies ²	ft ²
Calibre de cables eléctricos	AWG / kCM	AWG / kCM
Potencia	Caballo de Fuerza	HP
Potencial eléctrico (voltaje ¹)	Voltio	V
Potencia aparente	Voltamperio	VA
Potencia activa	Watio	W
Fuerza	Newton	N
Peso Específico	Kilo Newton/ metro ³	kN/m ³

MAGNITUDES Y UNIDADES DE INGENIERÍA PARA LA INDUSTRIA DE PETRÓLEO Y GAS ADICIONALES

¹ "Voltaje" no es una magnitud reconocida por el BIPM (Bureau International des Poids et Mesures). El "voltaje" es equivalente al potencial eléctrico.

CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA
**CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA**
**BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA**
**VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 20 DE 24**

“...Sin embargo, debido a la naturaleza de la industria petrolera y del gas de mayor influencia en Colombia, muchas de las variables asociadas a propiedades fisicoquímicas y termodinámicas del gas, se referirán en el sistema inglés, al igual que algunas variables dimensionales relacionadas con tuberías y espesores que serán presentadas en pulgadas.

En la siguiente tabla se relacionan algunas de estas variables y las unidades recomendadas para el desarrollo de las diferentes etapas del Proyecto, teniendo en cuenta que estas en realidad resultan del uso de un sistema de unidades mixto (SI, métrico e inglés).

ÍTEM	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	SECUNDARIAS /ABSOLUTAS
1	LONGITUD	Diámetro	pulg	
		Tuberías estaciones	mm	
		Línea regular Gasoducto	Km	
		Tramos tuberías y cableados	m	
		DDV	Km	
		Profundidad	m	
		Elevación	m	
		Rugosidad	mm	pulg
		Espesor de pared	pulg	mm
2	TEMPERATURA	Gas Natural	Grados Fahrenheit	°F
		Ambiente	Grados Celsius	°C
		Propiedades del acero	Grados Celsius	°C
3	PRESION	Atmosférica	mBar	
		Gas Natural	Bar	psi
4	ESFUERZO	Materiales -SYMS-	psi	Kpsi – Mpa
		Tornillería y elementos de anclaje	Pascal	Mpa
5	FLUJO	Transporte Troncal	MMPCD	Mm3d
		Sistema de distribución Primarios	m3/h	MMPCD
		Sistema de distribución secundarios	m3/h	



CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA

VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017

**CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA**

**BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA**

**VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 21 DE 24**

ÍTEM	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	SECUNDARIAS /ABSOLUTAS
6	POTENCIA	Equipos mecánicos	HP	
		Equipos eléctricos	MW	
7	MASA	General	Kg	
8	TRANSFERENCIA DE CALOR	Coeficiente de transferencia	BTU/h- Pie ² -F	W/m ² -C
9	VISCOSIDAD	Absoluta	cP	
		Cinemática	cSt	
10	VELOCIDAD	Gas Natural	m/s	
		Viento	Km/h	
		Desplazamiento	Km/h	
11	FRACCION MOLAR	Composición química	%	Fracción absoluta
12	FUERZA	De componentes	N	Lbf
		Peso	Kgf	

CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA
**CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA**
**BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA**
**VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 22 DE 24**
ANEXO N° 3: TIPOS DE TUBERÍAS COMERCIALES

MATERIAL		EMPRESAS	PRODUCTO		VENTAJAS	DESVENTAJAS
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	PEAD	EXTRUCOL	PE 100		Resistente a UV, flexibilidad hasta un 7,7%	Permeable al CO2 no permite tie ins ni instrumentación. Temp. máxima 140 F°
	KEVLAR	SOLUFORCE	Ligh, Classic		Bobinas de 400 Mts	Permeable al CO2 no permite tie ins ni instrumentación, Máxima temperatura 140 F°
	FIBRA DE VIDRIO	FLEXPIPE	Flex pipe		resistente a corrosión, interna y externa	Permeable al CO2 no permite tie in ni instrumentación. Máxima temperatura 140 F°
	REFORZADO CON ACERO	SOLUFORCE FLEXPIPE	Heavy	Flex pipe high presión	Tubo fabricado en plásticos de ingeniería para alta presión	Permeable al CO2, con posible ataque al refuerzo
NYLON / FORTRON	KEVLAR Polipropileno / Nylon	PSK	POLIFLOW	Grado B	Presiones hasta 2500 psi, Temperatura de operación hasta 250 F°, resistente al CO2 y al H2S	Tiempos de entrega, no permite tie ins ni instrumentación.
ACERO AL CARBÓN		TENARIS	API 5L	Grado B	Fácil consecución, resistente a presiones hasta 18.000 psi para diámetros de 6", disponible en todos los	Requiere protección externa tipo tricapa o película de protección, requiere sistema de protección catódica.
				X 42		
				X 52		



VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017

CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA**CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA****BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA****VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 23 DE 24**

MATERIAL	EMPRESAS	PRODUCTO		VENTAJAS	DESVENTAJAS
			X 65 / X 70	diámetros, permite tie.ins y facilidades para instrumentación. Fácil mantenimiento. Sistema de construcción estandarizado.	
ACERO CON RECUBRIMIENTO O INTERNO	TENARIS	Tuboscope TK2-TK7- TK21-TK33- TK62		El Linnier es en polipropileno de alta densidad, químicamente inerte, no se corroe, resistente al CO2 con vida útil entre 10 y 20 años.	Bajo radio de curvatura, tiempos de entrega no menor a 120 días.
ACERO CON LINNIER	FALCON	Poliycore, Enertube, Ultratube		El Linnier es en polipropileno de alta densidad, químicamente inerte, no se corroe, resistente al CO2 con vida útil entre 10 y 20 años.	Radio de curvatura mínimo 30 Diámetros. Las juntas por termofusion no permiten el retiro de la rebaba interna. El termo fusión no se recomienda para diámetros menores a 2". No permite TIE INS sin seccionamiento total.
ALEACIONES DE ACERO	TENARIS	3% Cromo Inoxidables		Resistente a la corrosión, resistente a bajas temperaturas	Para SCH > a 80 largos tiempos de entrega.



CONSORCIO DELVASTO&ECHEVERRÍA - HNA

VERSIÓN 0 / FECHA: 5-09-2017

**CD&E-HNA-BCD SELECCIÓN
TUBERÍA Y PROTECCIÓN
CATÓDICA**

**BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO SELECCIÓN
DE TUBERÍAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA**

**VERSIÓN 0 / FECHA: 07-12-2017
PÁGINA 24 DE 24**

ANEXO N°4: LISTA DE ELABORADORES

SIGLA	NOMBRE	MATRÍCULA	REVISIONES
	JORGE CASTELLANOS	25202-090387CND	0,A
	JAIME BUITRAGO	824 CNIQ	0,A,B
	JAIRO INFANTE	CN230 07926	0,A,B