

**METODOLOGIA PARA REVISION DE UN  
GASODUCTO NUEVO PREVIO A SU PUESTA EN OPERACIÓN**

**GILBERTO MONSALVE CELIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE GAS  
BUCARAMANGA  
2006**

**METODOLOGIA PARA REVISION DE UN  
GASODUCTO NUEVO PREVIO A SU PUESTA EN OPERACIÓN**

**GILBERTO MONSALVE CELIS**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para  
Optar al titulo de Especialista en Ingeniería de Gas**

**DIRECTOR  
ALVARO RUIZ RODRIGUEZ  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE GAS  
BUCARAMANGA  
2006**

## **DEDICATORIA**

A mi compañera, amiga y esposa Yasmid y a mis hijos Valentina y Simón Jerónimo quienes siempre están a mi lado con su apoyo, ayuda y amor a pesar del sacrificio del tiempo para ellos.

A mi madre Rita quien con su fortaleza me formó para el logro de grandes metas y la superación de dificultades.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 BENEFICIOS ESPERADOS	3
2. SOPORTE TEORICO	5
2.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE GAS NATURAL	5
2.1.1 Definición de Gas Natural	5
2.1.2 ¿Donde se encuentra y cómo se extrae?.	6
2.1.3 Ventajas del Gas Natural	6
2.2 CONCEPTOS SOBRE TRANSPORTE DE GAS NATURAL	8
2.3 ETAPAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN GASODUCTO	9
2.3.1 Estudios de Factibilidad	9
2.3.2 Estudios de Ingeniería de Detalle	10
2.3.3 Construcción	12
2.3.4 Pre-arranque.	12
2.3.5 Operación y Mantenimiento	14
2.3.6 Abandono de instalaciones o desmantelamiento	15
2.4 CRITERIOS DE DISEÑO PARA GASODUCTOS	15
2.4.1 Propiedades de los fluidos	16
2.4.2 Escenario De Oferta - Demanda y Ruteo	16
2.4.3 Consideraciones Ambientales	17
2.4.4 Consideraciones Hidrológicas.	19
2.4.5 Consideraciones Económicas	20
2.4.6 Selección de Materiales	20
2.4.7 Condiciones Operacionales	21
2.4.8 Protección De La Tubería	22
2.4.9 Control de la Integridad de la Tubería	23
2.5 CÓDIGOS Y ESTANDARES	23
2.5.1 ISO	24
2.5.2 NFPA	24
2.5.3 AWS	24
2.5.4 AWWA	25
2.5.5 ANSI	25
2.5.6 ASME	25
2.5.7 API	26
2.5.8 NACE	26
2.5.9 ASTM	26
2.5.10 AGA	27

3.	ESPECIFICACIONES BASICAS PARA CONSTRUCCION DE GASODUCTOS	28
3.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	28
3.2	DERECHO DE VIA Y ACCESOS	29
3.3	MANIPULACION, TRANSPORTE, TENDIDO Y ALMACENAMIENTO DE TUBERIAS Y MATERIALES	30
3.4	DOBLADO, TENDIDO Y ALINEACION DE TUBERÍAS	31
3.5	SOLDADURA	33
3.6	INSPECCION DE SOLDADURAS	36
3.7	APERTURA DE ZANJAS	37
3.8	BAJADO DE LA TUBERIA E INSTALACION EN ZANJA	37
3.9	RECUBRIMIENTO DE LA TUBERIA	38
3.9.1	INSTALACIÓN DE REVESTIMIENTO DE JUNTAS	39
3.10	TAPADO DE ZANJA Y TUBERIA	41
3.11	PRUEBA HIDROSTATICA A LA TUBERIA	41
3.11.1	Presión de diseño.	46
3.11.2	Presión de prueba.	46
3.12	RESTAURACION DEL DERECHO DE VIA Y LIMPIEZA FINAL	46
3.13	OBRAS DE PROTECCION GEOTECNICA	47
3.14	INSTALACION DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA	47
3.15	INSTALACION DE POSTES DE SEÑALIZACION	47
3.16	INSTALACION DE VALVULAS Y ESTRUCTURAS ESPECIALES	48
4.	COMMISSIONING DE GASODUCTOS	49
4.1	FRECUENCIA O INDICE DE FALLAS EN EQUIPOS	50
4.1.1	Fallas Prematuras	50
4.1.2	Fallas por Desgaste:	51
4.2	PROCEDIMIENTO PARA COMMISSIONING DE UN GASODUCTO	51
4.3	PRINCIPALES COMPONENTES DE UN GASODUCTO	53
4.3.1	Catalogo Mecánico o Dossier	53
4.3.2	Línea Troncal y Derecho de Vía	54
4.3.3	Instalaciones de Medición y Filtración	55
4.3.4	Válvulas de Seccionamiento	55
4.3.5	Trampas de Raspadores	56
4.3.6	Ramales a los city gates	56
4.3.7	City Gates	56
4.3.8	Sistema SCADA	56
4.3.9	Sistema de Comunicaciones	57
4.3.10	Sistema de Protección Catódica	57
4.3.11	Gestión con Comunidades y Permisos de Operación	58
4.3.12	Instalaciones de Campo y Oficinas	58
4.4	LISTAS DE VERIFICACION	58
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
	BIBLIOGRAFIA	62
	ANEXO	63

## LISTA DE CUADROS

**Pág.**

Cuadro 1. Composición del Gas Natural, % Molar.....	5
---	---

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Costo de tubería	21
Figura 2. Frecuencia o Índice de fallas en equipos	50

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Lista de verificación resumen de un gasoducto	63
Anexo B. Lista de verificación para la documentación que debe soportar el diseño y la construcción de gasoducto	64
Anexo C. Lista de Verificación para la línea troncal y ramales	71
Anexo D. Lista de verificación para la línea troncal y ramales	72
Anexo E. Lista de verificación para trampas de raspadores	74
Anexo F. Lista de verificación para válvulas de seccionamiento y de derivación	75
Anexo G. Lista de Verificación para city gates o estaciones reguladoras de presión	76

## RESUMEN

**TITULO:** METODOLOGIA PARA REVISION DE UN GASODUCTO NUEVO PREVIO A SU PUESTA EN OPERACIÓN

**AUTOR:** GILBERTO MONSALVE CELIS

**PALABRAS CLAVES:**

Commissioning  
Listas de Verificación  
Especificaciones para construcción de gasoductos  
Códigos y estándares

**CONTENIDO:**

Se adelanta una descripción de conceptos básicos sobre gas natural, métodos para el transporte del mismo desde el centro de producción hasta los centros de consumo, etapas de un proyecto para la construcción de un gasoducto recalcando los códigos o estándares internacionales aplicables a este tipo de actividad y unas especificaciones básicas a tener en cuenta en los procesos constructivos de este tipo de infraestructura.

En una segunda etapa, se identifica los principales componentes de un gasoducto, como son: catalogo mecánico o dossier, línea troncal y derecho de vía, instalaciones de medición y filtración, válvulas de seccionamiento y/o derivación, trampas de raspadores, ramales hasta los City Gates, City Gates o estaciones de entrega a remitentes, sistema SCADA, sistema de comunicaciones, sistema de protección catódica, gestión con comunidades y permisos para la operación de la infraestructura, instalaciones de campo y oficinas.

Se presenta una metodología para adelantar el proceso de commissioning de un gasoducto nuevo, como parte de la puesta en operación de la infraestructura y buscando minimizar los daños a los componentes, por mala operación o deficiencias presentadas durante la instalación de los mismos. Igualmente esta metodología busca minimizar los riesgos de seguridad industrial para el personal que participa de la puesta en operación de un gasoducto nuevo.

Finalmente, se desarrolla listas de verificación para cada uno de los principales componentes de un gasoducto. Estas listas de verificación buscan facilitar los procesos de revisión de un equipo y de esta manera garantizar una adecuada instalación y una adecuada puesta en operación.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Escuela de Ingeniería de Petroleos. Especialización en Ingeniería de Gas. ALVARO RUIZ RODRIGUEZ.

## ABSTRACT

TITLE: METHODOLOGY FOR REVISION OF A NEW GAS PIPELINE IN THE PREVIOUS OPERATIONAL SETTING\*

AUTHORS: GILBERTO MONSALVE CELIS\*\*

KEY WORDS: Commissioning, Verification lists, Gas Pipeline Construction, Operational Setting, Codes and standards.

### DESCRIPTION OR CONTENTS:

To forward a description of the basic concepts about natural gas, transportation methods of natural gas from the producers to the consumers, project stages for the construction of a gas pipeline emphasizing the international code and standards that are applicable to this type activity and to take into account a few basic specifications in the construction process of this type infrastructure.

In the second stage, to identify the principal components of a gas pipeline such as: mechanical catalog or dossier, trunk line and right of way, measuring and filtering installations, section and derivation valves, refuse traps, branches to the city gate, city gate or sender delivery stations, scada system, communication system, cathodic protection system, shared management and permission for the infrastructures operation, field and office installations.

To present a method to move forward with the commissioning of a new gas pipeline, as part of operational setting of the infrastructure and to try to minimize the damage to the components, for poor operation or deficiencies presented during the installation of the same. Equally to look to minimize the industrial security risks of the personnel that participate in the setting in operation of a new gas pipeline.

Finally, to develop verification lists for each of the principal gas pipeline components. These lists will facilitate the revision process of the equipment and in this manner guarantee an adequate installation and a suitable operation setting.

---

\* Monograph.

\*\* Faculty of Physical-Chemical Engineering, School of Petroleum Engineering. Advisor: Eng. Álvaro Ruiz.

## INTRODUCCION

Los gasoductos son sistemas usados para el transporte de gas natural a grandes distancias y en grandes cantidades. A lo largo de su trazado atraviesa diferentes comunidades y zonas ambientales sensibles, lo cual unido a la gran cantidad de energía que transportan hacen que la actividad de transporte de gas natural por gasoductos se clasifique como una actividad de alto riesgo y altamente peligrosa. Por esta razón, la seguridad pública es una variable que siempre debe estar presente en la operación de un gasoducto y especialmente en los procesos de arranque o puesta en operación.

Este trabajo de monografía, pretende recopilar algunas experiencias del autor y ser un texto de discusión para las personas o entidades que participen en la puesta en operación de un gasoducto, compartiendo principios de seguridad adquiridos después de accidentes que no deben repetirse.

Igualmente, los gasoductos están compuestos por varios equipos o componentes, que generalmente son elementos de tecnología importada y de un alto costo, por lo tanto con el fin de evitar daños prematuros se debe tener bien definido un procedimiento para el arranque o puesta en operación inicial del equipo.

Inicialmente se presenta las etapas que constituyen la construcción de un gasoducto, desde su estudio de factibilidad hasta su puesta en operación, igualmente se presentan algunas especificaciones generales a tener en cuenta durante la construcción de un ducto y los principales códigos o estándares aplicables a esta actividad.

Finalmente se presenta una guía de procedimiento para el arranque o puesta en operación de un gasoducto nuevo, mediante el desarrollo de listas de verificación (check list), que permiten la verificación paso a paso de cada uno de los componentes del sistema y de esta manera asegurar su adecuada y segura operación.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Presentar un procedimiento para la revisión de los componentes de un gasoducto nuevo previo a su puesta en operación, con el fin de determinar el estado de los mismos y los requerimientos de mejoramiento antes de su puesta en operación.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Presentar los componentes mínimos que requiere un gasoducto nuevo para su correcta operación y su importancia en la seguridad del mismo.
- Presentar listas de chequeo para cada uno de los principales componentes de un gasoducto, que permitan realizar en forma ordenada y lógica su revisión y determinar su estado.
- Orientar a las personas que intervienen en la revisión y la puesta en operación de gasoductos nuevos.

### **1.3 BENEFICIOS ESPERADOS**

Presentar una metodología para la revisión o verificación de un sistema de transporte de gas natural por tubería a alta presión (gasoducto), con el fin de minimizar los riesgos de posibles fallas o eventos no deseados con sus posibles consecuencias en pérdidas materiales y/o posiblemente de vidas humanas.

Revisar la importancia del cumplimiento de las diferentes normas y estándares existentes para la construcción de gasoductos nuevos, para el cumplimiento de su

objetivo final que es transportar el gas natural desde los campos de producción hasta los centros de consumo, en forma segura y con mínimo riesgo para la seguridad pública. De esta forma, el desarrollo de un proyecto debe integrar los diferentes participantes, como: diseño; proveedor de materiales, equipos y/o instrumentos; constructor de obra mecánica, civil y eléctrica; interventoría de la construcción; operador y/o propietario del proyecto.

Realizar un documento de discusión para los profesionales que participen de la puesta en operación de un gasoducto nuevo, y de entes regulatorios en la operación y mantenimiento de sistemas de transporte de gas natural por tuberías a alta presión.

## 2. SOPORTE TEORICO

### 2.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE GAS NATURAL

**2.1.1 Definición de Gas Natural.** El gas natural es una mezcla combustible de gases de gran poder calorífico, formado en las entrañas de la tierra en el curso de un proceso evolutivo de centenares de miles de años. Los principales componentes de la mezcla que conforman el gas natural son C1, C2, C3, iC4, nC4. Los demás componentes son fracciones de iC5, nC5, C6 y C7+; y otros gases tales como óxidos de nitrógenos, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o vapor de agua que están en pequeñas cantidades.

**Cuadro 1. Composición del Gas Natural, % Molar**

COMPONENTE	MÁXIMOS	MÍNIMOS
Metano	75	-
Etano	-	10
Propano	-	5
Butano	-	2
Pentano y más pesados	-	0.5
Nitrógeno y otros inertes	-	2.4
Dióxido de carbono	-	2.4
Trazas de componentes		
Hidrógeno sólido	-	0.25 – 1.0 gr./100 scf
Mercaptano Sulfúrico	-	0.25 – 1.0 gr./100 scf
Sulfuro Total	-	5 – 20 gr./100 scf
Vapor de Agua	-	4.0 – 7.0 lb./mmcf
Oxígeno	-	0.2 – 1.0 ppmv

Fuente: GPSA1 Engineering Data Book, 1994 (Pdfs).

**2.1.2 ¿Donde se encuentra y cómo se extrae?.** El gas natural se encuentra, al igual que el petróleo, en yacimientos en el subsuelo en uno de los siguientes estados:

- **Asociado:** cuando al ser extraído del yacimiento está mezclado con el crudo.

- **Libre o No asociado:** Cuando se encuentra en un yacimiento que sólo contiene gas.

El gas natural se encuentra en depósitos subterráneos profundos. En algunas zonas de Colombia, los depósitos de gas natural están bajo la superficie del suelo como en el Huila, el Casanare o el Magdalena Medio. En otros sitios, como en la Guajira, los depósitos están en el fondo del mar. El gas natural se extrae perforando el subsuelo hasta llegar a los yacimientos; el hallazgo de los yacimientos del gas se realiza mediante exploraciones geológicas muy complejas que pueden tomar varios años.

Su composición, su gravedad específica, su peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El rango de variación del poder calorífico está entre 900 y 1.400 BTU/PC.

La presencia de sustancias inconvenientes o nocivas, provenientes del yacimiento, hace necesario tratar el gas natural, o sea, deshidratarlo, purificarlo y separar los compuestos de azufre. Además, antes de transportarlo se odoriza adicionándole sustancias de una aroma fuerte y típico con el fin de alertar sobre eventuales fugas.

**2.1.3 Ventajas del Gas Natural.** Encontrar los yacimientos del gas natural, extraerlo, tratarlo, transportarlo y distribuirlo hasta los centros de consumo, es un proceso muy complejo. Exige un largo tiempo de investigación, diseño,

preparación, y avanzados recursos tecnológicos para garantizar su utilización segura. Todos estos esfuerzos e inversiones se justifican al considerar las ventajas que el gas natural presenta respecto a otros combustibles, entre las cuales vale la pena resaltar las siguientes:

**Costos.** La utilización del gas natural como combustible para fines domésticos, (estufas, calentadores de agua) o industriales (calderas), es menos costosa (una quinta parte) que la energía hidroeléctrica (liberación de energía por parte del agua para generar electricidad).

**Conservación Ambiental.** La combustión del gas natural produce cantidades muchísimo menores de desechos (humos, hollín, compuestos volátiles tóxicos) que otros combustibles (ACPM, fuel oil, gasolina, leña, carbón, etc.). En grandes zonas industriales, la utilización masiva del gas natural significa mejorar notablemente la calidad del aire en el ambiente. El gas natural es un combustible limpio, no contaminante. Uno de los propósitos del plan de masificación del consumo del gas natural es promover la sustitución del consumo de leña que hoy se realiza para fines domésticos o industriales.

**Sustituto mas económico.** El gas natural se utiliza como materia prima o como combustible en los sectores industriales, petroquímico, termoeléctrico, doméstico, comercial y de transporte terrestre. En este campo del transporte terrestre comenzó hace 17 años a desarrollarse en Colombia, principalmente en la costa atlántica, a partir de 1999 empezó a prosperar en otras regiones y ciudades del país como Bogotá, Medellín, Armenia, Cali, Bucaramanga y Neiva. En el resto de áreas tuvo relevancia a partir del 18 de Diciembre de 1991 a través del documento COMPES DPN-2571 del que se dan lineamientos en el país para el plan de masificación del gas natural, creando un espacio importante de comercialización de los 3.7 TPC de reservas de gas comercializables con las que cuenta el país. La utilización de gas natural como combustible vehicular resulta ser más económica al compararlo con las gasolinas y el ACPM, que son los utilizados actualmente,

pues su precio se encuentra alrededor de los \$860 pesos/m<sup>3</sup>; mientras que se conoce que los precios tanto de las gasolinas como del ACPM vienen sufriendo un incremento mensual.

## 2.2 CONCEPTOS SOBRE TRANSPORTE DE GAS NATURAL

El transporte del gas natural tratado y dentro de las especificaciones de calidad comercial exigidas por el cliente, se realiza entre los campos de producción y los centros de consumo, mediante alguno de los siguientes métodos:

- **Redes de gasoductos internacionales:** Cuando el negocio se ha dado a gran escala, entre un país productor y un país consumidor y siempre que la localización geográfica lo permita, (Países de Europa Occidental, Rusia - Europa Oriental, Canadá – Estados Unidos, Argentina – Chile, Bolivia – Brasil, Nigeria – Italia, etc.).

- **Transporte marítimo de Gas Natural Licuado (GNL):** En este caso se requerirá un proceso adicional de licuefacción antes del embarque y un proceso adicional de regasificación después del desembarque (Argelia – Japón, Abu Dhabi – Japón, Indonesia – Japón, Argelia – Estados Unidos, Trinidad - Europa). Este proceso se aplica si el gas comercializado proviene de regiones donde no hay una estructura de gasoductos desarrollada y el cliente se encuentra a grandes distancias.

**5. Transporte por Gasoductos Nacionales:** Aplica cuando la negociación del gas se da en el ámbito interno en un país.

En cualquiera de los casos, es importante anotar que el desarrollo de una infraestructura de transporte de este tipo, requiera además de las altas inversiones, un cuidadoso diseño, estricto cumplimiento de normas de seguridad y la acertada aplicación de políticas ambientales que garanticen el mínimo riesgo de impacto social y ambiental sobre las diferentes áreas de influencia del proyecto.

## 2.3 ETAPAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN GASODUCTO

Las etapas en la construcción de un gasoducto han sido esencialmente las mismas desde el comienzo de la industria. Las innovaciones en el diseño con frecuencia son necesarias, para acomodarse a las variaciones del terreno, las variaciones climáticas y las especificaciones del operador, pero esto sin embargo no altera considerablemente la secuencia en la construcción, la cual es básicamente la misma para todos los tipos de tuberías. De todas maneras día a día las técnicas y procedimientos de construcción se refinan y mejoran, en un esfuerzo por obtener mayor eficiencia en el trabajo y condiciones máximas de seguridad.

El proyecto de construcción de un gasoducto generalmente está en manos de entidades estatales y cuentan con la aprobación y/o apoyo político para su ejecución, o en manos de una empresa con amplia experiencia en esta área.

Las etapas para el desarrollo de un proyecto de construcción de un gasoducto, se pueden clasificar así:

- 1 Estudios de factibilidad.
- 2 Estudios de Ingeniería de detalle.
- 3 Construcción.
- 4 Pre-arranque.
- 5 Operación y Mantenimiento.
- 6 Abandono de las instalaciones o desmantelamiento.

**2.3.1 Estudios de Factibilidad.** Esta etapa concierne a la empresa dueña del proyecto y con ella se pretende justificar la forma como se recuperará la alta inversión a realizar.

Comprende por una parte la evaluación de la producción y el análisis de demanda del producto y por otra el estimativo de los costos de inversión y de transporte, asociados respectivamente con la factibilidad técnica de la infraestructura requerida (ingeniería básica) y con los gastos de operación.

En Colombia los proyectos de transporte por tuberías presentan bajos periodos de recuperación de la inversión (2 a 4 años) con tasas internas de retorno del orden de 24%.

**2.3.2 Estudios de Ingeniería de Detalle.** Definida la factibilidad del proyecto se procede a la elaboración de la Ingeniería de detalle. La ejecución de los estudios de detalle permiten definir con buena exactitud las características de la obra, cuantificar la magnitud de las protecciones requeridas y precisar en el estimativo del costo de construcción para solicitar apropiaciones presupuestales de mayor confiabilidad. Dentro de los estudios de detalle se incluyen las siguientes actividades:

**Diseño hidráulico:** Se refiere a los cálculos de ingeniería necesarios para definir los diámetros, la resistencia de la tubería, longitudes de tuberías y las características de presión requeridas en todos los puntos del sistema, para obtener resultados óptimos en la operación garantizando la entrega oportuna a los clientes.

**Definición y trazado de la ruta:** El conocimiento lógico y básico de la hidráulica del gasoducto puede presentar como la ruta más eficiente para un gasoducto, una serie de líneas rectas que conectan puntos propuestos de recibo y entrega mediante el área de servicio de la línea.

Esta situación ideal se encuentra afectada por diferentes factores que se deben tener en cuenta y que al final ayudarán a la obtención de la ruta más adecuada.

Estos factores son entre otros: Medidas de seguridad pública (zonas densamente pobladas), zonas de riesgo de movimiento de tierras y cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagos o humedales), zonas de alto impacto socio-ambiental (reservas ambientales, reservas indígenas, etc.).

Dentro de la etapa de diseño, la Geotecnia juega un papel importante en la selección de ruta, la evaluación del trazado definitivo, el estudio de cruces de corrientes de agua, carreteras, ferrocarriles, instalaciones urbanas, y el estudio de cimentaciones para compresores, trampas, válvulas, y otros componentes de las estaciones de control y regulación.

Igualmente, el impacto ambiental que genera la obra por el movimiento de tierra, la eliminación de la capa vegetal y la disposición de desechos; y el impacto social motivado por la afluencia de una gran población flotante de alta capacidad económica y por la instalación de una obra que las comunidades saben que genera apreciables ingresos, deben evaluarse a través de estudios detallados que se realizan en forma previa al inicio de la obra con el fin de establecer las medidas que mitiguen el impacto que causa una obra de infraestructura de estas proporciones.

La ruta seleccionada para el gasoducto debe seguir un curso que minimice el riesgo de daño al mismo y que a su vez genere el mínimo daño para las áreas de influencia. Los dos puntos anteriores deben llevarse a cabo en forma paralela y coordinada debido a que generalmente una variación en el primero acarrea modificaciones en el segundo.

**Diseño de la protección contra corrosión:** La corrosión es el enemigo número uno de cualquier estructura metálica y para el caso de un gasoducto, representa un importante factor de riesgo que de no ser controlado eficientemente, desde la misma construcción, acarreará pérdidas económicas considerables en el desarrollo de toda la operación.

El diseño de la protección contra la corrosión debe tener en cuenta las técnicas que se aplican antes del montaje de la estructura y las que se aplican durante la operación. Las más importantes son: los procesos de recubrimiento o revestimiento de la tubería, aislamiento eléctrico de la estructura, influencia de líneas de alta tensión, influencia de líneas de tuberías existentes, y diseño del sistema de protección catódica.

**2.3.3 Construcción.** Las actividades de construcción se deben programar de manera detallada teniendo en cuentas los procedimientos y recomendaciones dadas por los estudios previos. En la programación deben contemplarse aspectos importantes tales como selección de personal, movimiento de equipos, inventarios de materiales, etc.

La construcción debe tener en cuenta además, aspectos muy importantes tales como las normas de seguridad en que dichos trabajos deben desarrollarse, los procedimientos para control del impacto ambiental, etc., a fin de garantizar la integridad de las personas involucradas en la obra y tratar de minimizar en lo posible los daños al medio ambiente en las áreas de influencia.

El trabajo de construcción se desarrolla con varias cuadrillas de trabajadores en diferentes puntos de la obra que van realizando cada uno de sus labores correspondientes. Para que el siguiente grupo que llegue a un sitio determinado, realice las labores complementarias de acuerdo con lo programado.

**2.3.4 Pre-arranque.** Una vez terminada la construcción del gasoducto, el paso siguiente será el procedimiento de recibo y entrega de la obra. En esta actividad, el constructor debe entregar a la empresa dueña del gasoducto o a la empresa que este delegue, toda la infraestructura en perfecto estado de funcionamiento, con la garantía y el respaldo de la asistencia técnica de parte de los proveedores y con la limpieza previa de cada una de las partes y equipos para el inicio de la operación.

Entre la construcción del gasoducto y el inicio de su operación, se llevan a cabo las siguientes actividades.

**Precommissioning:** Lo constituyen las actividades de limpieza, ajustes no operativos y chequeo de alineamiento y pruebas efectuadas por el constructor antes de la Terminación Mecánica. Dentro de estas actividades, el constructor drenará y secará con aire el gasoducto. Los diferentes contratistas encargados de los sistemas de control e instrumentación y comunicaciones, instalarán los equipos, chequearán los sistemas y protocolos y verificarán el funcionamiento de los mismos. Todo el proceso será coordinado por el constructor.

**Terminación mecánica:** Significa que las instalaciones del gasoducto han sido diseñadas, construidas, inspeccionadas y probadas de acuerdo con los términos contractuales entre el constructor y el dueño del gasoducto y que se encuentran listas para recibir el fluido de operación.

**Certificación de terminación mecánica:** Es el documento emitido por la interventoría a solicitud del contratista de construcción y aprobado por el propietario del Proyecto, certificando que las instalaciones han sido completadas mecánicamente y están en condiciones para ser ejecutadas las actividades de recibo, commissioning, llenado y puesta en marcha por parte de la empresa operadora.

**Secado con gas:** Lo constituyen las actividades realizadas por la empresa operadora y el contratista de construcción después de la Terminación Mecánica y previas a la puesta en marcha del Gasoducto con fluido a las condiciones de operación, tendientes a asegurar que la tubería quede sin residuos de agua en su interior en cualquier forma, lo cual se considerará alcanzado cuando el punto de rocío del gas a la salida sea igual a la del gas a la entrada.

**Commissioning:** Lo constituyen las actividades realizadas por la empresa operadora, tendientes a verificar el adecuado funcionamiento de los sistemas del gasoducto, para lo cual deberá llenar la línea con gas a una presión de 300 psig, con el objeto de que los proveedores de los equipos como: unidades de medición, unidades de filtración, equipos de control de calidad y los sistemas de control realicen las pruebas que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos. Al mismo tiempo existirá una cuadrilla del constructor, equipada adecuadamente, para tomar acciones correctivas en caso que se presenten imprevistos durante el commissioning y el llenado del sistema a las condiciones de operación. Todo el proceso será coordinado por la empresa operadora.

**Listo para operar y puesta en marcha:** Significa que el gasoducto ha sido mecánicamente completado, verificado el funcionamiento de los sistemas y llenado con gas a las condiciones de operación y se encuentra listo para operar.

**2.3.5 Operación y Mantenimiento.** La operación es la utilización del sistema construido para el transporte de los fluidos correspondientes; en esta etapa deben controlarse las presiones de succión y descarga de los equipos de compresión, las temperaturas, características del gas a transportar, capacidades máximas y mínimas de los equipos instalados (sistemas de separación, medidores, tuberías), de manera tal que se tenga un dominio total sobre el gas desde su punto de origen hasta el de llegada.

El Mantenimiento es el conjunto de actividades encaminadas a la conservación de la infraestructura para garantizar un nivel de estabilidad en las condiciones de eficiencia. El mantenimiento puede ser de tipo mecánico cuando las acciones se encaminan a los aspectos de la tubería (variantes al trazado inicial, reposición de tramos deteriorados, refuerzo de la protección contra la corrosión, inspección y mantenimiento de los equipos instalados (válvulas, filtros, medidores, instrumentos, etc.), o civil en los casos en que se acometen obras de prevención o

corrección de fenómenos de inestabilidad sobre el derecho de vía que podrían poner en riesgo la operación normal del sistema de transporte.

**2.3.6 Abandono de instalaciones o desmantelamiento.** Todo proyecto debe contemplar el desmantelamiento o abandono de las instalaciones, por diferentes motivos, como: terminación de la vida productiva del campo productor, deterioro de la infraestructura, construcción de estructuras nuevas. En todo caso se debe contemplar las actividades de abandono de la tubería, desmantelamiento de la misma o adecuación y reasignación del uso de la tubería (como acueducto, transporte de otros fluidos, etc.).

## **2.4 CRITERIOS DE DISEÑO PARA GASODUCTOS**

Muchos factores se deben considerar en la ingeniería y el diseño de los gasoductos, tales como la calidad y el volumen del fluido a transportar, la longitud de la tubería requerida, los tipos de terreno a cruzar y las normas ambientales a cumplir. Los procedimientos de construcción de los sistemas de transporte deben adaptarse a las condiciones ambientales a fin de evitar mínimos impactos al medio externo.

Los factores principales que influyen en el diseño de un sistema de transporte de gas son:

- 1 Propiedades del fluido a transportar
- 2 Condiciones de diseño
- 3 Puntos de recibo y entrega de gas
- 4 Códigos y estándares
- 5 Ruteo, topografía y acceso
- 6 Impacto ambiental
- 7 Economía

- 8 Impacto hidrológico
- 9 Impacto sísmico y volcánico
- 10 Material
- 11 Construcción
- 12 Operación
- 13 Protección
- 14 Integridad a largo plazo

**2.4.1 Propiedades de los fluidos.** Las propiedades de los fluidos a transportar tienen un impacto significativo sobre el diseño del sistema, dichas propiedades son entregadas algunas y otras determinadas por el ingeniero de diseño. Las siguientes propiedades del gas a condiciones determinadas de presión y temperatura se deben considerar en el diseño de un gasoducto: volumen específico, factor de supercompresibilidad, calor específico, coeficiente Joule Thompson, coeficiente isentrópico, entalpía, entropía y viscosidad.

La temperatura y la presión influyen en las propiedades de los fluidos. Un incremento en la temperatura disminuye la capacidad de transporte de un gasoducto debido al aumento de la caída de presión, lo que redundaría en mayor consumo de energía en los sistemas de compresión. La viscosidad de un gas se incrementa con un incremento en la presión y en la temperatura lo que provoca mayor fricción a lo largo del gasoducto.

La correlación de presión, temperatura y otros parámetros de los fluidos están representados en las ecuaciones de flujo donde también se incluyen las características de la tubería: diámetro, rugosidad y longitud.

**2.4.2 Escenario De Oferta - Demanda y Ruteo.** Los puntos de recibo y entrega así como el consumo máximo afectan el diseño de un gasoducto; la localización de las facilidades operativas y los sitios especiales como cruce de ríos, cruces de

corredores de energía, pasos montañosos y áreas pobladas inciden en la decisión del ruteo del gasoducto.

El consumo máximo determina el tamaño de la línea. Normalmente los diseños se hacen con un horizonte de 15 o 20 años por lo que se deben hacer las consideraciones de proyección de demandas en los siguientes años para el adecuado dimensionamiento del gasoducto.

Una vez identificados los puntos de recibo y entrega y para realizar un diseño previo se traza un ruteo preliminar el cual debe hacerse de acuerdo a las siguientes etapas:

- Identificación en un mapa de los puntos de recibo y entrega
- Identificación en un mapa de los sitios de control
- Graficar un ruteo teniendo en cuenta las áreas críticas
- Verificar el ruteo sobre fotografías aéreas y realizar los cambios requeridos
- Graficar el ruteo preliminar resultante de las actividades anteriores.

Posteriormente el ruteo preliminar es comprobado por reconocimiento aéreo y visitas de campo para asegurar y determinar facilidades de acceso, localización de puntos de control, problemas de erosión, etc.

El ruteo de la línea influye en el diseño y la construcción: longitud y diámetro; localización de equipos de compresión y la necesidad de estudios especiales en áreas inestables por erosión, humedad y suelos corrosivos.

**2.4.3 Consideraciones Ambientales.** La evaluación ambiental de un ruteo de un gasoducto es parte integral del diseño y construcción, por lo que se exige asegurar una planeación efectiva. Inicialmente se debe determinar en el ruteo los recursos existentes y fijar los impactos potenciales. Entre los recursos tenemos: vida

animal y vegetal, bosques, parques naturales, lugares arqueológicos, áreas pobladas, etc.

El derecho de vía, como área a lado y lado del ruteo, debe ser evaluado teniendo en cuenta vegetación y propietarios del terreno a fin de prevenir conflictos.

Los procedimientos de protección se definen teniendo en cuenta los recursos existentes y se integran en los parámetros de diseño: especificaciones y construcción.

El período de construcción se debe tener en cuenta considerando épocas de lluvia, recolección de cosechas, técnicas constructivas, etc. Durante la construcción del gasoducto inspecciones ambientales periódicas son necesarias para verificar la ejecución de obras de protección, procedimientos constructivos y el cumplimiento de las normas ambientales exigidas por los entes gubernamentales.

Los problemas que sean identificados durante la fase de diseño y construcción del proyecto son analizados internamente y utilizados como guía para futuros proyectos.

El manejo ambiental de un proyecto de construcción de un gasoducto debe incluir las siguientes guías:

- 1 Normas de cumplimiento
- 2 Legislación ambiental
- 3 Guías de manejo ambiental
- 4 Coordinación, auditaje y entrenamiento ambiental
- 5 Recomendaciones geotécnicas, volcánicas y sísmicas

- Guías de protección ambiental
- Guías para control de erosión
- 6 Tipo de erosión
- 7 Riesgos de erosión
- 8 Protección a la erosión
- Guías para proteger calidad de aguas
- 9 Línea base de calidad de agua
- 10 Análisis de calidad del agua
- 11 Medidas de impacto y mitigación
- Guías para protección arqueológica
- 12 Recursos históricos
- 13 Estudios arqueológicos
- 14 Regulaciones
- Métodos de protección ambiental
- 15 Preparación de derecho de vía e instalación de tubería.
- 16 Ancho de derecho de vía durante la construcción
- 17 Procedimientos de apertura de zanjas
- 18 Manejo de residuos
- 19 Protección temporal de rellenos
- 20 Métodos de control a la erosión
- 21 Procedimientos de tape y revegetación
- 22 Sistemas de drenaje
- 23 Plan de revegetación

**2.4.4 Consideraciones Hidrológicas.** Una tubería puede estar sujeta a fuerzas de flotación cuando cruza ríos o fuentes permanentes de agua. Durante el diseño se debe considerar los daños potenciales que se pueden presentar por este tipo de problemas en gasoductos, por lo tanto es importante conocer la profundidad, el control de flotación, estudios de socavación y con base en esto, definir la metodología de instalación y construcción.

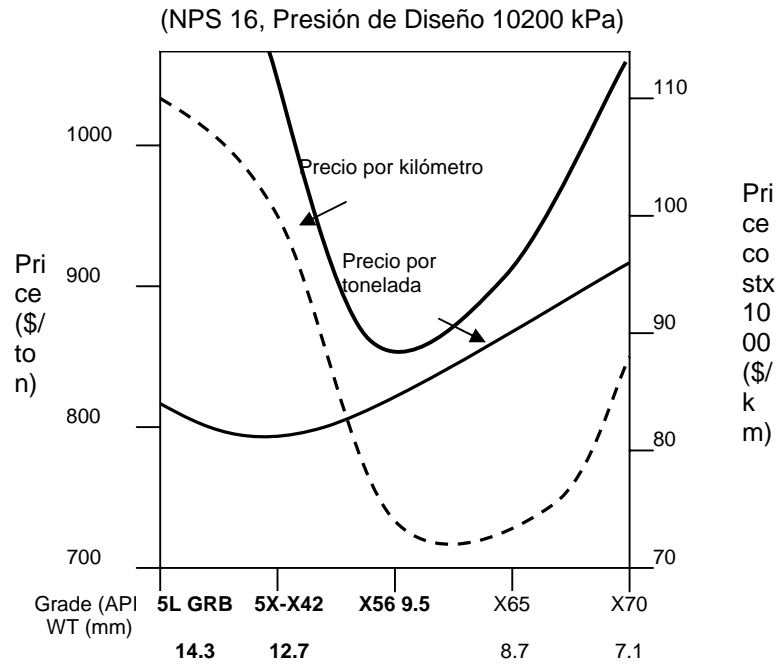
**2.4.5 Consideraciones Económicas.** Los aspectos económicos definen los parámetros de diseño y construcción de un sistema de transporte de gas. En cualquier proyecto el análisis económico determina cual de las alternativas de diseño y construcción ofrece los mejores beneficios y ventajas así: diámetro, espesor y material de la tubería; requerimientos de equipos de compresión, costo de transporte de gas.

El estudio de factibilidad económica de un proyecto de transporte de gas hace referencia al análisis de la tasa de retorno esperada contra el capital invertido, una vez aceptada se efectúa la selección óptima de los parámetros que intervienen en el diseño y la construcción.

**2.4.6 Selección de Materiales.** El costo de la tubería representa en términos de inversión el renglón de mayor importancia, el cual es afectado por la selección del material.

La especificación del grado de la tubería afecta el espesor de pared y ello determina técnicas para instalación y soldadura. Para un diámetro y una presión de diseño dado el espesor de pared de tubo decrece con un mayor grado de material, sin embargo altos grados de acero tienen mayores costos como se muestra en la figura 1.

**Figura 1. Costo de tubería**



**2.4.7 Condiciones Operacionales.** Durante la etapa de diseño se fijan las condiciones bajo las cuales se va a operar el sistema de transporte de gas y así mismo se instalan facilidades para prevenir fallas y rupturas. Válvulas de cierre automático por alta presión protegen el sistema de rupturas y daños. De igual manera la instalación de sistemas automáticos de operación, SCADA, facilita el control operacional del sistema de transporte.

La máxima presión de operación en Colombia es 1200 psi. Está reglamentada en el RUT. Las temperaturas están correlacionadas con la temperatura del ambiente las regulaciones de presión del gas.

#### **2.4.8 Protección De La Tubería**

**Protección externa.** La tubería enterrada esta sujeta a corrosión externa causada por la acción y composición del suelo. Durante la etapa de diseño se especifican los materiales de recubrimiento al igual que el sistema de protección catódica requerido, siendo seleccionados por factores económicos y de eficiencia. El recubrimiento externo es un material epóxico o de polietileno que es adherido enrollado, extruido o fundido a la superficie externa del tubo. La eficiencia del recubrimiento está en su capacidad protectora a la corrosión y su resistencia al daño durante su transporte, manejo e instalación de la tubería.

Cuando la tubería no es enterrada se debe proteger mediante pinturas anticorrosivas que se aplican en el momento del terminado, el espesor de la capa es determinante para favorecer la vida útil de la tubería.

**Protección interna.** Componentes corrosivos presentes en el gas tales como sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbón y agua salada causan corrosión interna, problema que debe ser solucionado en la etapa de diseño.

El Reglamento Único de Transporte establece los parámetros máximos admitidos en el gas para ser transportado.

Sistemas de limpieza con raspadores están generalmente incorporados a un sistema de transporte de gas para remover la acumulación de líquidos y sólidos en la tubería. Este retiro mitiga los efectos corrosivos internos causados por los líquidos presentes y por efectos de sobre velocidad en el gas.

Corrosión por erosión se presenta cuando la velocidad del gas supera la velocidad crítica, que se define como el punto en el cual la velocidad del fluido remueve inhibidores filmicos y deja desprotegida la tubería expuesta a los efectos corrosivos.

**2.4.9 Control de la Integridad de la Tubería.** El propósito de un programa de monitoreo integral de tubería busca prevenir los problemas estructurales que tienen un efecto importante sobre la seguridad, el ambiente, los procedimientos operacionales y de mantenimiento.

Existen varias técnicas disponibles para asegurar la integridad de la tubería una vez instalada, a saber:

- Inspección visual
- Profundidad de tubería enterrada
- Pruebas externas no destructivas
  - \* Radiografía
  - \* Pruebas magnéticas
  - \* Inspección por líquidos penetrantes
  - \* Inspección ultrasónica
- Monitoreo de protección catódica
- Inspección de recubrimientos
- Pruebas hidrostáticas
- Herramientas de inspección en línea
- Raspador
- Herramientas ultrasónica de inspección en línea

## **2.5 CÓDIGOS Y ESTANDARES**

Es tal cantidad de normas y códigos que se han publicado, que prácticamente cada clase de servicio tiene su norma respectiva, es por eso que se han canalizado a través una organización coordinadora central, que tiene la facultad de adaptar, clasificar, rechazar, aprobar y modificar los códigos y normas desarrolladas por otras asociaciones.

Los códigos y normas publican los requisitos básicos o mínimos para cada industria; en ellas se definen materiales de construcción, métodos de fabricación, requisitos de inspección y prueba, tolerancias dimensionales, etc.

La operación de un gasoducto involucra riesgos por las características del fluido que maneja y las presiones con que trabaja. Como resultado de esta situación de riesgo se han desarrollado códigos y estándares internacionales y nacionales a fin de minimizar los factores de riesgo. Tales estándares son guías de diseño y construcción a tener en cuenta en el momento de ejecutar el proyecto pero pueden sustituirse por buenas prácticas de ingeniería para diseños seguros.

Se enuncian algunas de las Asociaciones Internacionales más importantes:

**2.5.1 ISO** (Organización Internacional para Estandarización): La organización internacional de normas (O. I. Para la estandarización) es una federación mundial de organismos de normas nacionales que agrupa alrededor de 130 países. ISO se estableció en 1946 en Ginebra, Suiza.

**2.5.2 NFPA** (National Fire Protection Association): Un líder mundial previniendo el fuego y dando seguridad de vida al público desde 1896. La misión no lucrativa del NFPA internacional es reducir el peso mundial del fuego y otros riesgos en la calidad de vida, proporcionando y defendiendo el acuerdo general científicamente basado, codifican normas, realizan investigaciones, entrenamiento y educación.

**2.5.3 AWS** (American Welding Society): La Sociedad americana de Soldadura se fundó en 1919 con la meta de adelantar la ciencia, tecnología, y aplicación de la soldadura y las disciplinas relacionadas. AWS lleva la bandera en la educación de la soldadura, da apoyo y desarrollo de tecnología asegura un estilo de vida fuerte, competitivo y cómodo.

**2.5.4 AWWA** (American Water Works Association): Es una sociedad científica y educativa no lucrativa e internacional, dedicada a mejorar la calidad del agua de consumo y su suministro.

Fundada en 1881, es la organización más grande de profesionales de suministro de agua en el mundo con 55500 miembros, operadores de plantas de agua, gerentes, científicos, activistas ecológicos, fabricantes, académicos, reguladores y otros que celebran el interés genuino en el suministro de agua y la salud pública.

**2.5.5 ANSI** (American National Standards Institute): Es una organización privada sin ánimo de lucro que administra y coordina la estandarización voluntaria americana. La misión es reforzar la competitividad de la industria de EEUU y la calidad americana facilitando normas. Fundada en Octubre 18 de 1918.

El Instituto no desarrolla normas por si solo sino que sirve de vehículo coordinador a través de comités compuestos por representantes de los diferentes sectores interesados en desarrollar determinada norma.

ANSI promueve el uso de normas americanas internacionalmente y anima la adopción de normas internacionales como normas nacionales donde éstas satisfagan las necesidades de la comunidad y los usuarios.

**2.5.6 ASME** (American Society of Mechanical Engineers): ASME ha estado a la vanguardia de las asociaciones que desarrollan normas aplicables a tuberías. Su primera publicación se produjo en 1935. La norma ANSI B31 fue patrocinada por ASME.

Fundada en 1880, tiene ahora más de 100.000 socios miembros. Programas que incluyen educación de la ingeniería, conferencias técnicas y exhibiciones, relaciones gubernamentales y educación pública.

ASME también trabaja para desarrollar códigos y normas para la ingeniería, el público, la industria y el gobierno. Hay actualmente más 600 normas publicadas por ASME.

**2.5.7 API** (American Petroleum Institute): Durante 76 años el API ha sido la asociación nacional más importante de la industria del petróleo americano. La primera norma dada por el instituto fue en 1928, intentando promover la intercambiabilidad de equipo petrolero en campo, hoy las más de las 900 normas del API cubren la producción de materiales y lubricantes y la certificación para los tanques de almacenamiento, recipientes de presión e inspectores de tubería. También publican prácticas recomendadas, informes de investigación, especificaciones en tuberías, válvulas, estructuras, procedimientos para responder ante derrames de petróleo, protección del Medio Ambiente, exploración y mucho más.

**2.5.8 NACE** (National Association of Corrosion Engineers): Se estableció hace 50 años y ahora tiene más de 15000 miembros. La misión de NACE es promover el conocimiento público de la salud, seguridad, materias de medio ambiente y económicas, para el control de la corrosión, degradación de los materiales, promoción, diseño e investigación, las consecuencias de la corrosión y los beneficios del control de la corrosión para conservar la infraestructura, conservar los recursos naturales y el medio ambiente.

**2.5.9 ASTM** (American Society for Testing and Materials): Establecida en 1898, formalmente reconocida como la Sociedad Americana para Prueba y Materiales, es una organización privada y sin fines de lucro, la más grande de las organizaciones del ramo que ofrece un sistema gerencial para el desarrollo y la publicación de estándares de consenso y voluntario, para materiales, productos, sistemas y servicios.

ASTM Esta compuesta por mas de 132 comités técnicos; ellos han publicado más de 9100 normas específicas, pruebas, prácticas, guías y definiciones para materiales, productos sistemas y servicios.

**2.5.10 AGA** (American Gas Association): La Asociación de Gas americana (AGA) representa 189 localidades con utilidades de gas natural, que entregan el gas a 54 millones de casas y negocios en todos los 50 estados. Adicionalmente, AGA proporciona los servicios al miembro las tuberías de gas natural, mercante, compañías de gas internacionales y una variedad de socios de la industria.

AGA actúa como una cámara de compensación para la información de energía de gas, como un canalizador técnico y es muy importante para la política de energía y como una voz poderosa para sus miembros.

### **3. ESPECIFICACIONES BASICAS PARA CONSTRUCCION DE GASODUCTOS**

El presente capítulo desarrolla algunas especificaciones básicas para las actividades más importantes dentro de la construcción de un gasoducto, con el fin de servir de base a posibles trabajos. Estas especificaciones tienen en cuenta el análisis y síntesis de normas aplicables.

#### **3.1 LOCALIZACION Y REPLANTEO**

La empresa contratante debe suministrar los planos, esquemas y gráficos con la localización detallada del proyecto. Cuando en el transcurso de la obra haya necesidad de modificar parcialmente el trazado de la tubería, se debe obtener la aprobación de la interventoría.

El contratista debe mantener corregidos y actualizados los planos originales, indicando en ellos las modificaciones que se efectúen en el transcurso de la obra. Asimismo los planos actualizados deben detallar todos los cruces de: carreteras, caminos, líneas férreas, arroyos, quebradas, ríos, alcantarillas, tuberías, conductores eléctricos o cualquier otro elemento vecino y de interés al gasoducto.

En general el replanteo del eje de la tubería se efectuará, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1 En terreno plano y tramos rectos: colocando estacas cada 100m, siempre y cuando se pueda apreciar el alineamiento.
- 2 En terreno plano y tramos curvos: colocando estacas cada 50m, siempre y cuando se pueda apreciar el desarrollo de la curva.

3 En terreno quebrado y tramos rectos: colocando estacas cada 50m, siempre y cuando se pueda apreciar el alineamiento.

4 En terreno quebrado y tramos con curvas horizontales: colocando estacas cada 30m, siempre y cuando se pueda apreciar el desarrollo de la curva.

El replanteo de obras especiales, como cruces de carreteras, ríos, puentes colgantes, etc., se debe realizar en forma precisa, a satisfacción de la interventoría y de acuerdo con los requerimientos del diseño.

### **3.2 DERECHO DE VIA Y ACCESOS**

El contratante proveerá un derecho de vía o franja de terreno para permitir la continuación ininterrumpida de la obra a lo largo de toda la línea, el ancho del derecho de vía lo definirá el contratante.

Se debe realizar despeje del derecho de vía a una distancia suficiente desde el eje de la zanja, a fin de permitir el tránsito de los equipos, instalación de la tubería y disposición del material proveniente del zanjado en forma adecuada y sin que se permita la mezcla con material ajeno a la tierra excavada.

Las operaciones de despeje deben contemplar en una primera etapa la disposición y conservación de la capa vegetal o descapote, de tal manera que durante el proceso de restitución del derecho de vía sea nuevamente dispuesta en las capas superiores.

La nivelación y limpieza del derecho de vía deben ejecutarse de tal forma que se minimice la interferencia con los drenajes naturales existentes. Cuando se requiera construir terrazas o pequeños diques para desviar las aguas, se dejarán funcionar éstas únicamente durante el tiempo mínimo requerido, debiendo restablecerse a la mayor brevedad a las condiciones naturales originales.

La nivelación del terreno incluye las obras de banqueo y relleno necesarias para permitir el paso de camiones cargados, maquinarias y equipos utilizados, de tal manera que se debe lograr las pendientes y dimensiones adecuadas para la correcta colocación de la tubería.

El contratista debe construir y mantener senderos para caminar, pasadizos, cercas y otras estructuras temporales con el fin de no obstruir o interferir el tránsito en calles, vías públicas o servidumbres de paso particulares. También se debe contemplar la construcción de obras de drenaje temporales y puentes temporales necesarios para adecuar los accesos y preparación del derecho de vía.

Se debe contemplar la construcción de portones, cercas y puertas de acceso al derecho de vía, con el fin de evitar la entrada y salida incontrolada de ganado y personas de las propiedades.

Cuando sea necesario realizar voladuras para la nivelación del derecho de vía, se debe informar con suficiente antelación a los habitantes de los predios, casas o negocios cercanos. Se debe cubrir las voladuras para prevenir daños en estructuras vecinas o líneas de energía eléctrica o teléfono.

### **3.3 MANIPULACION, TRANSPORTE, TENDIDO Y ALMACENAMIENTO DE TUBERIAS Y MATERIALES**

Todos los materiales y tuberías deben ser inspeccionadas por el contratante o su representante y por el contratista constructor, verificando su estado, cantidades y que la calidad corresponda con la requerida por el diseño.

Se debe practicar el mayor cuidado en el manejo, transporte y almacenamiento de la tubería a fin de evitar distorsiones, aplastamientos, abolladuras u otros daños. Los tubos revestidos requieren de cuidado adicional durante su manipulación, transporte y almacenamiento a fin de evitar el deterioro del revestimiento.

La tubería debe ser cargada y ordenada de manera tal que se evite la flexión y deslizamiento durante el transporte. Se debe usar equipos especiales para la elevación de cargas durante el cargue y descargue de la tubería (grúas de capacidad adecuada).

Las válvulas se manipularán siempre tomando todas las precauciones necesarias para evitar golpear las caras de sus bridas, las manivelas, los vástagos, y los dispositivos para lubricación. Se debe evitar que entre tierra y basura al interior de las válvulas, y en todo lugar donde se almacenen provisionalmente dichas válvulas a lo largo de la línea, se depositarán sobre tarimas de madera.

Las caras de las bridas y demás superficies pulidas de las válvulas se protegerán con una capa de grasa amarilla para evitar la corrosión, cuando ellas no estén así protegidas.

Las bridas se manipularán evitando todo daño a sus caras y biseles. Las partes pulidas de las bridas se protegerán con grasa amarilla y se almacenarán sobre tarimas de madera.

Las tuercas, arandelas y pernos se guardarán en cajas de madera, protegidos con aceite, para prevenir su deterioro.

### **3.4 DOBLADO, TENDIDO Y ALINEACION DE TUBERÍAS**

La tubería debe ser dispuesta sobre el derecho de vía sobre cojines especiales, sobre sacos llenos de arena o sobre listones de madera de suficiente ancho y altura para proteger la tubería y el revestimiento.

Después de que los tubos hayan sido tendidos en el derecho de vía, deben ser inspeccionados por el contratista y el representante del contratante, con el fin de

verificar el buen estado de la tubería y descartar la tubería que presente deterioro, abolladuras o golpes que impidan su uso.

La diferencia de elevación entre la superficie del suelo y la alineación definitiva de los tubos, podrá salvarse mediante doblado en frío de los tubos y deberá tenerse cuidado para evitar pandeo o debilitamiento de los mismos. No se permite el doblado de la tubería por calentamiento, ni aquellas curvas que presenten arrugas.

Para efectuar cualquier doblado, la curvatura debe distribuirse de manera uniforme y tanto como sea posible a través de toda la longitud del tubo.

El grado máximo de dobladura en cada punto será de uno y medio grados, y los puntos de doblez se harán con acercamientos entre si no mayores de una vez el diámetro del tubo. Debe utilizarse un sistema exacto de medición.

Ningún doblez debe efectuarse a una distancia menor a 1.50m de cualquiera de los extremos del tubo. Siempre que se acoplen dos tubos antes de efectuarse el doblez, éste se ejecutará a una distancia no menor de una vez el diámetro del tubo, a partir del punto de la soldadura.

Cuando se utilice tubería con costura o soldadura longitudinal, deberán doblarse en forma tal, que la costura, cuando sean colocados en la zanja, quede a 180° en la parte superior, y no presenten un zigzag de más de veinte grados. En toda dobladura, las costuras no deben quedar en la superficie cóncava o convexa de los tubos sino en la parte superior para curvas horizontales, y de lado para dobleces verticales.

Cada tubo, recto o curvo, debe someterse a una limpieza interior, la cual consiste en pasar longitudinalmente a través del tubo un disco de lamina de acero de ¼" de espesor y con un diámetro ¼" menor que el diámetro interior del tubo. Este disco

tiene unido a la cara desde la que parte la varilla con la cual se maneja el disco, un disco de hule de 3/32" de espesor y un diámetro igual al diámetro interior del tubo.

La operación de limpieza no debe realizarse en más de cuatro tubos antes de las operaciones de alineamiento y soldadura.

Durante la operación de tendido, debe colocarse especial atención a los extremos abiertos, para asegurar una línea completamente limpia y libre de obstrucciones. Debe tomarse las debidas precauciones para evitar que entre agua en la tubería.

Después de limpiados cuidadosamente los extremos adyacentes de los tubos, éstos serán alineados a fin de prepararlos para que la soldadura quede en ángulo recto con el eje del tubo. Donde haya excentricidad en el tubo y variaciones en el espesor de las paredes, las piezas de tubo serán ajustadas de manera tal de repartir y disminuir tales desigualdades.

Cuando la tubería a usar tenga costura o soldadura longitudinal, estas costuras se alternarán en no menos de 20° de desplazamiento, de tal manera que la soldadura longitudinal quede en el cuadrante superior de la tubería durante las operaciones de tendido, alineación, soldadura, revestimiento y después de ser colocada en la zanja.

### **3.5 SOLDADURA**

Este es uno de los frentes más costosos en la construcción de un gasoducto por los recursos de personal y equipo que normalmente se requieren. El contratante o dueño de la obra hace mucho hincapié en este frente debido a que de su desempeño depende la calidad mecánica del tubo.

La norma que regula este proceso es el API – 1104 “STANDARD FOR PIPELINE WELDING AND RELATED FACILITIES”. Para el contratista es fundamental llevar un grupo de 2 o más soldadores expertos en el fondeo, los de mayor pericia, debido a que son los que imponen el ritmo y definen el rendimiento del frente.

Antes de iniciar la actividad de soldadura o los cruces especiales, se debe aprobar un procedimiento de soldadura y los soldadores deben haber pasado una prueba según los parámetros de API 1104.

El contratista define el procedimiento a seguir, el tipo de electrodo que va a usar, la polaridad, el amperaje y el voltaje para cada uno de los pases de soldadura de acuerdo con las especificaciones de la tubería y uso de esta. Este procedimiento debe calificarse en un centro especializado en el que se hacen pruebas de laboratorio a las probetas soldadas y se aprueba o no el mismo.

Posteriormente se realizan las pruebas a cada uno de los soldadores. Estas pruebas requieren un nivel de exigencia alto por parte de todos los que intervienen en ella (dueño de la obra, representante del centro especializado, interventoría y constructor), debido a que la calidad de la soldadura depende básicamente de los soldadores y una mala calidad excesivas reparaciones y cortes, redundan en sobrecostos al constructor por efecto de reparaciones y radiografías.

La calidad y el estado de los equipos de soldar son también fundamentales para evitar defectos y reparaciones en las soldaduras.

Es conveniente dejar una pega abierta más o menos a cada kilómetro con el fin de poder manejar la lingada, de forma que al bajar coincidan las curvas con la zanja y así evitar cortes posteriores; es corriente que al bajar, ya sea por temperatura o por acomodamiento del tubo dentro de la zanja, las curvas se desplacen y no coincidan con la zanja haciendo imposible el bajado, lo que obliga a realizar cortes y sobre-excavaciones.

El alineamiento de los tubos será hecho en tal forma que no se distinga desviación angular alguna entre tubo y tubo. La separación entre las partes planas (topes) de los biseles en la unión de los dos tubos, deberá ser aproximadamente  $1/16''$ , de tal manera que se asegure una completa penetración de la soldadura sin quemaduras. Para la alineación de tuberías se recomienda el uso de un alineador-expansor hidráulico interno, con la potencia necesaria para volver el extremo del tubo a su forma circular en caso de que esté ovalado.

Con el alineador-expansor interior debidamente colocado y abierto, y el tractor de pluma lateral manteniendo el tubo perfectamente alineado, se aplicará el primer cordón de soldadura, el cual deberá terminarse totalmente antes de mover el tractor o extraer el expansor. En casos especiales y con la autorización de la interventoría, se podrá mover el tractor al tener el 50% de la longitud del primer cordón ya hecho, siempre que la parte terminada del cordón sea en segmentos de largos aproximadamente iguales, y los segmentos sean espaciados por igual alrededor de la circunferencia del tubo.

Después del primer cordón de raíz se colocará un segundo cordón (paso caliente), después el número de cordones especificados (cordones de relleno y presentación). Cada cordón sucesivo tendrá un espesor no mayor de  $1/8''$ . El número de cordones de acabado será tal que permita tener una soldadura terminada con un refuerzo sobre la superficie del tubo, con un espesor no menor de  $1/32''$  y no mayor de  $1/16''$ . El ancho del refuerzo deberá ser  $1/8''$  mayor que el ancho de la ranura original.

A cada soldador se le debe asignar un número o estampe de identificación el cual debe ser escrito con marcador de metal, en un sitio adyacente a cada soldadura que ejecute, para futura identificación. Esta identificación debe transcribirse en el libro de tubos dejando el registro de los soldadores que ejecutaron cada soldadura.

Cada sección de tubería soldada será sellada en sus extremos, por medio de soldadura de tapas de lámina apropiadas para el caso, al terminar de trabajar en dicha sección o al interrumpir el trabajo de soldadura en la misma, a fin de evitar la entrada de cualquier animal o materia extraña al interior de la tubería; y permanecerá sellada correctamente hasta que pueda hacerse el empate definitivo de dicha sección.

Para asegurar la limpieza del interior de la tubería, se debe correr un raspador de copas y cepillos de alambre, impulsado con aire comprimido, en cada una de las secciones que no deben exceder una longitud de 3 Km. Estas secciones se cerrarán inmediatamente después de la salida del raspador.

### **3.6 INSPECCION DE SOLDADURAS**

Diariamente la Interventoría realiza un muestreo de las soldaduras realizadas y selecciona un 20% para inspección radiográfica o el porcentaje que el dueño de la obra estime. En muchos casos esta podrá ser el 100%.

En caso que el porcentaje de soldaduras rechazadas supere el porcentaje de producción sometida a ensayo se ampliará al doble el porcentaje de radiografías tomadas, hasta finalizar la producción de la jornada. Se dejará un registro de todos los informes radiográficos y las películas serán almacenadas convenientemente para permanecer como testigos del trabajo de soldadura ejecutada.

Para la inspección de las soldaduras por radiografías, se debe contar con un procedimiento detallado y aprobado por la interventoría, donde se indique la capacidad de las fuentes de Rx, la calificación del personal que opera e interpreta las Rx, los tiempos de exposición, las características de las películas y reveladores, y los criterios de aceptación de soldaduras o rechazo de las mismas. El procedimiento aprobado debe estar sujeto a lo contemplado en la norma API1104.

### **3.7 APERTURA DE ZANJAS**

La apertura de zanja se hace a lo largo del eje trazado por la topografía. Normalmente en línea regular se hace después de la soldadura. En puntos especiales se hace antes que la soldadura para asegurarse que no hay obstáculos especiales que modifiquen el doblado de acuerdo al perfil del terreno en superficie. Las variables a controlar en esta actividad son fundamentalmente el ancho de la zanja y la profundidad. El ancho va de acuerdo al diámetro de la tubería que se va a instalar limitado por las dimensiones del balde de las retroexcavadoras. La profundidad debe ser de tal manera que la tubería después de instalada quede como mínimo a 1.5 metros cota clave de la tubería. El material de la excavación debe quedar a un solo lado y en el lado opuesto donde se encuentra la tubería soldada con el fin de no entorpecer la actividad de bajado. Este material debe quedar separado del material de descapote y debe evitarse su contaminación. En caso de presencia de rocas, estas deben sacarse y asegurarse que estas no serán introducidas a la zanja durante el tapado.

Para la apertura de la zanja se debe preliminarmente localizar y proteger toda línea y estructura existente bajo tierra. La tubería debe pasar por debajo de todas las tuberías existentes, conductos, cables y otras estructuras metálicas, con una separación mínima entre ellas de 0.30m.

### **3.8 BAJADO DE LA TUBERIA E INSTALACION EN ZANJA**

Esta actividad consiste en colocar la tubería soldada dentro de la zanja. Esta actividad debe hacerse utilizando los equipos adecuados como son los side boom. En su defecto se utilizan retroexcavadoras de un tamaño adecuado para evitar riesgos de accidentes que involucren personas y comprometan la integridad de la tubería. En caso de presentarse lecho rocoso en el fondo de la zanja es necesario depositar un colchón de mínimo 15 centímetros de arena o material suelto, por

encima y por debajo de la tubería para evitar que las rocas golpeen el tubo y dañen el revestimiento; así mismo se colocarán sacos rellenos con suelo para soportar la tubería en el fondo de la zanja.

Las recomendaciones básicas en esta actividad son para proteger el recubrimiento de la tubería. Simultáneamente con el bajado se verifica el estado del revestimiento mediante la utilización del holliday detector, para localizar discontinuidades y reparar o reparar los defectos que se presenten.

### **3.9 RECUBRIMIENTO DE LA TUBERIA**

El objetivo del revestimiento o recubrimiento de la tubería es prevenir el deterioro de la tubería a causa de la corrosión. Los sistemas más empleados son los recubrimientos instalados en plantas especiales.

La limpieza y recubrimiento en planta son más eficientes en cuando al uso de recursos, de equipo, materiales y mano de obra y por lo tanto es más económica porque adicionalmente se reducen los imprevistos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta los costos y tiempo del montaje y desmonte de la planta, alquiler de lote, etc. De acuerdo con el tamaño de la planta y método constructivo que se use será práctico o no para un mínimo de tubos a procesar.

La limpieza y recubrimiento en planta tiene las siguientes ventajas:

- El efecto del clima es menor.
- Control total sobre los materiales. (Se evitan pérdidas por robo)
- Mayor rendimiento de los materiales.
- Mayor eficiencia en la mano de obra.
- Mayor control y garantía en la calidad de aplicación del revestimiento
- Se necesitan menos equipos.

Por otra parte, presenta las siguientes desventajas:

- Requiere un tiempo mínimo de 1 mes para montar la planta y realizar las pruebas.
- Se necesita un lote suficientemente amplio ojala cercano al acopio de tubería.
- Mayores costos por el montaje de la planta y desmonte.
- Para el transporte y tendido se deben tomar medidas para evitar daños al revestimiento.

Los materiales del recubrimiento son los más costosos de la obra y normalmente son monopolios los que los producen, por lo que deben conseguirse con anterioridad.

Los tipos de revestimiento más utilizados son

- Pinturas
- Alquitrán de hulla
- Fusión Bonded Epoxi FBE
- Polipropileno
- Tricapa (FBE + Polipropileno)

### **3.9.1 INSTALACIÓN DE REVESTIMIENTO DE JUNTAS**

Posterior a la soldadura y al resultado satisfactorio de las pruebas radiográficas se procede a aplicar el revestimiento al segmento de tubería donde se realizó la junta. El revestimiento de las juntas debe ser compatible con el revestimiento de la tubería. Actualmente el revestimiento más usado es el Fusion bonded Epoxy FBE y el tricapa que tiene excelentes propiedades mecánicas para protección anticorrosivo de la tubería. Para el revestimiento de las juntas se utilizan mangas termoencogibles las cuales vienen fabricadas para cada diámetro específico y su longitud depende del diámetro.

El revestimiento de la tubería hecho en planta debe llegar hasta 15 centímetros del extremo de la tubería para que al aplicar el manguito quede un traslape entre el manguito y el revestimiento en planta. Este manguito se aplica después de preparada la superficie y aplicado el primer se instala el manguito, evitando que se formen arrugas o evitando que queden atrapadas burbujas de aire, mediante aplicación de calor siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante. Las variables a controlar en esta actividad son las siguientes:

1. Limpieza de la tubería y perfil de anclaje, debe estar dentro de los parámetros técnicos exigidos por el fabricante. Para lograrlo debe hacerse con sandblasting.
2. Aplicación del primer y el tiempo de secado.
3. Condiciones climáticas de temperatura y humedad relativa.
4. Temperatura de aplicación del manguito. Se controla mediante la utilización de tiza térmica.
5. La formación de arrugas o burbujas de aire; se evitan aplicando rodillo durante la instalación del manguito.

Otra alternativa de revestir la junta es utilizando un epóxico que sea compatible con el revestimiento de la tubería. Estos vienen para una aplicación en frío pero igualmente son muy exigentes en la preparación de la superficie.

El control de calidad de cualquiera de las aplicaciones adoptadas se hace mediante la utilización del holliday detector el cual se debe patronar y calibrar de acuerdo al tipo de revestimiento aplicado y según recomendaciones del fabricante. Con este equipo también se controla el revestimiento de toda la tubería y con el se detectan las fugas presentes en el revestimiento. Las fallas presentadas se reparan siguiendo los procedimientos contemplados según el tipo de revestimiento utilizado.

### **3.10 TAPADO DE ZANJA Y TUBERIA**

Una vez terminado el bajado de tubería y verificado el estado del revestimiento, se procede al tapado del sector que se acaba de bajar con el fin de proteger el revestimiento. La zanja se tapa con el mismo material de la excavación evitando introducir material rocoso superior a 20 centímetros de diámetro. En caso de no alcanzar dentro de la misma jornada tapar la totalidad del tramo bajado debe hacerse un pre tapado de unos 20 centímetros para que el revestimiento no quede expuesto a daños por derrumbes de la zanja o el impacto de elementos externos. Cuando el tapado llegue a superficie se hacen pasadas con las orugas de las máquinas por encima del eje de la zanja buscando una compactación adecuada. El tapado final debe quedar en forma tal que a lo largo del eje de la zanja quede un camellón de resalte de unos 20 centímetros con el fin de compensar los asentamientos futuros normales del terreno.

### **3.11 PRUEBA HIDROSTATICA A LA TUBERIA**

Cuando la línea este totalmente terminada, bajada a la zanja y tapada, se procederá a la prueba de presión hidrostática. Esta presión se hará con todas las válvulas y demás accesorios ya instalados, así como hechas todas las conexiones necesarias.

La longitud máxima de los tramos deberá ser tal que dentro de cada uno de ellos no haya una diferencia de presiones mayor de un 10% de la presión de prueba.

Para ejecutar la prueba hidrostática deben hacerse varias actividades previas, así:

1. Selección de la fuente de agua: Es necesario tomar muestras del agua que se planea utilizar para la prueba y someterla a análisis físico químico en un laboratorio, para conocer si esta es apta para esta actividad.

2. Construcción de piscinas para el drenaje y tratamiento del agua después de ejecutada la prueba hidrostática.
3. Construcción de las cabezas de prueba con accesorios que sean compatibles con las presiones que se van a manejar. Todas las soldaduras de las cabezas de prueba deben someterse al control de calidad exigido.
4. Calibración de la instrumentación y los equipos que se van a utilizar. Se requiere certificación de calibración de los equipos.
5. Planos de perfil de la línea conociendo las cotas de todos los puntos especiales y que van a ser controlados como los dos extremos. Así mismo se deben conocer los puntos más bajos y más altos de toda la línea.
6. Se debe tener definida la presión de prueba y los equipos y las bombas deben ser de suficiente capacidad para cumplir con los requerimientos de caudal y presión.
7. Dependiendo del tiempo que el agua vaya a permanecer dentro de la tubería, se definirá la utilización de inhibidor de corrosión.
8. Se instalan los tanques de almacenamiento de agua y la bomba de llenado con su respectivo medidor.
9. Se hace alistamiento del equipo de comunicaciones en toda la zona de prueba, indispensable en este tipo de actividad.
10. Se hace alistamiento de un plan de contingencias aplicable a los riesgos específicos de esta actividad.

Después de instaladas las cabezas de prueba y definida la fuente de agua, se inicia la prueba con el llenado de la línea. Este llenado se hace con una bomba de caudal pero capaz de superar las cotas del punto más alto. El procedimiento de llenado es el siguiente:

1. Se envía un bache de agua equivalente de aproximadamente 200 metros de la tubería, con el fin de lubricar y controlar el primer marrano. El volumen de este bache será controlado por el medidor de volumen instalado previamente.
2. Se envía el primer marrano de llenado, a través de la trampa o de las cabezas de prueba.
3. Se envía otro bache de agua de aproximadamente 1 kilómetro.
4. Se envía el segundo marrano e inicia el llenado propiamente dicho.
5. Se hace seguimiento del marrano en puntos especiales de la línea que facilite su detección y se verifica con el volumen de agua desplazada.
6. En la cabeza de recibo las válvulas de venteo y drenaje deben permanecer abiertas para facilitar la salida de aire de la tubería y drenar el agua del primero y segundo bache de agua.
7. Se estará atento a la llegada del primero y del segundo marrano para cerrar las válvulas de venteo y drenaje de la cabeza de recibo.

Una vez terminado el llenado se inicia la fase de presurización, para lo cual se procede de la siguiente manera:

1. Se retira la bomba de llenado y se instala la bomba de presurización.

2. Se instalan los registradores de presión y temperatura y la balanza de peso muerto, así como los manómetros y los indicadores de temperatura ambiental.
3. Se empieza la inyección de agua y se da inicio de funcionamiento a las cartas registradoras.
4. En la medida que aumenta la presión se va controlando con la balanza de peso muerto y se va constatando con los indicadores de presión.
5. Una vez se alcance el 75% de la presión de prueba se suspende la inyección de agua.
6. Se drena un volumen medido y se controla la disminución de presión comparado con el volumen medido con el fin de calcular el posible contenido de aire dentro de la tubería. Se continúa drenando hasta llegar al 50% de la presión de prueba.
7. Se hace revisión de todos los accesorios y válvulas para verificar que no presenten fugas.
8. Se reinicia la inyección de agua hasta llegar nuevamente hasta el 75% de la presión de prueba. A partir de este punto se disminuye a la mitad la rata de inyección de agua.
9. Se continúa a baja rata hasta obtener el 100% de la presión de prueba.

Una vez obtenida la presión de prueba se quitan las cartas instaladas para registrar el proceso de presurización y se instalan nuevas cartas para registrar el comportamiento de la presión durante las 24 horas del período de prueba.

Durante el tiempo de prueba se llevará un control estricto con la balanza de peso muerto de todos los cambios de presión que se presenten en este período analizando y están correlacionados con cambios en la temperatura. Transcurridas las 24 horas de prueba se retiran y se revisan las cartas registradoras analizando los cambios presentados.

Después de tener resultado satisfactorio se inicia el proceso de despresurización y vaciado de la línea, para lo cual se procede de la siguiente manera:

1. Se instala una manguera entre la válvula de drenaje y las piscinas de recibo del agua de prueba.
2. Se abre lentamente la válvula de drenaje procurando porque la caída de presión sea a una rata constante no superior a 5 psi por minuto.
3. Una vez drenada la presión se retira una de las cabezas de prueba, por donde se van a meter los marranos de secado.
4. Se meten los marranos de secado (polipig) y se empieza a desplazar el agua con los marranos de secado utilizando aire. De acuerdo con el perfil de la línea es necesario seleccionar adecuadamente los puntos de drenaje del agua y de inyección de aire para lograr el total desplazamiento del agua.
5. Después de desalojada el agua hay necesidad de hacer el secado de la línea mediante la utilización de espumas desplazadas con aire. Se corren espumas sucesivas hasta lograr que estas salgan relativamente secas.
6. Se procede a medir la humedad del aire en el punto de salida y se continúan pasando espumas hasta obtener un resultado satisfactorio.

**3.11.1 Presión de diseño.** Es aquel valor de la presión interna que somete el material de la tubería a un esfuerzo igual al 72% del esfuerzo de fluencia S, del material. Depende del diámetro, del espesor y del material de la tubería. El valor de la presión de diseño viene dado por la siguiente ecuación:

$$P = 2 St / D$$

Donde P: Presión de diseño

S: 0.72 \* esfuerzo de fluencia

t: Espesor de la pared del tubo

D: Diámetro externo del tubo.

**3.11.2 Presión de prueba.** Es el valor de la presión interior a la que debe someterse la línea a ensayar durante un lapso de tiempo especificado. No podrá ser inferior a la presión de diseño, ni superior a 1.25 veces la presión de diseño. Este rango es equivalente al comprendido entre las presiones necesarias para someter el material de la tubería a un esfuerzo entre el 72% y el 90% de su esfuerzo de fluencia. (ANSI B31.8). Esta presión estará referida siempre a la MAOP (Máxima presión de operación) a la cual operará en el futuro el sistema.

### **3.12 RESTARACION DEL DERECHO DE VIA Y LIMPIEZA FINAL**

Esta actividad consiste en reconformar todo el material removido dentro del derecho de vía, el restablecimiento de cercas, la eliminación de los broches provisionales así como los pasos provisionales de caños y demás estructuras que se hayan instalado transitoriamente con el propósito de facilitar el tránsito de los equipos y la tubería durante el proceso constructivo. El material del descapote inicial se restablece de la mejor manera posible.

### **3.13 OBRAS DE PROTECCION GEOTECNICA**

Estas obras son de gran importancia. Hay obras geotécnicas que se ejecutan preliminarmente al inicio del movimiento de tierra del derecho de vía, tendientes a evitar daños por fuera del derecho de vía durante el proceso constructivo y obras finales tendientes a proteger la estabilidad del derecho de vía y por consiguiente buscando proteger la integridad de la tubería. La calidad de estas obras serán definitivas en la conservación del Derecho de vía

### **3.14 INSTALACION DEL SISTEMA DE PROTECCION CATODICA**

Esta actividad consiste en la instalación de todo el sistema de protección catódica que incluye el transformador, el rectificador y la acometida eléctrica para el sistema de corriente impresa, las camas anódicas, las soldaduras a la tubería, las estaciones de prueba cada kilómetro. Esta protección es fundamental para la protección anticorrosiva y la integridad de la tubería.

### **3.15 INSTALACION DE POSTES DE SEÑALIZACION**

A lo largo de todo el trazado se instalan postes de señalización cada kilómetro. Estos postes se prefabrican normalmente en tubería de diámetro 4" o 6" y 2.5 metros de largo de los cuales quedan sobresaliendo 1.5 metros. También pueden fabricarse en concreto reforzado.

Estos postes tienen en la parte superior una cachucha a dos aguas en el cual se señala con cordón de soldadura el kilometraje de la tubería en orden ascendente y en el sentido del flujo. Su instalación se hace aproximadamente a un metro del eje de la zanja. Esto con el fin de facilitar visualizar desde una vista aérea el trazado y el abscisado de la línea. De igual manera el kilometraje es señalado con soldadura en el cuerpo del tubo de tal manera que sea claramente visible desde tierra.

También debe contemplarse la instalación de postes de señalización de peligro o de información a la comunidad de la existencia de línea de gas a alta presión, con el número telefónico de atención de emergencias. Normalmente estos postes informativos se instalan en los cruces de vías férreas, carreteras principales o berreadles, cerca de centros poblados o dondequiera que se requiera.

### **3.16 INSTALACION DE VALVULAS Y ESTRUCTURAS ESPECIALES**

Dentro de las estructuras especiales a instalar están las válvulas de seccionamiento, las válvulas de derivación, trampas de raspadores, anclajes, estaciones de medición, unidades de filtración y equipos para monitoreo de la calidad del gas.

Estas generalmente las instala uno de los frentes de especiales. Como punto importante se hace mención sobre los materiales que deben solicitar al dueño de la obra desde el mismo día de inicio de los trabajos en caso de que este lo suministre. Se debe tener cuidado de garantizar la correcta nivelación de las válvulas y la adecuada funcionamiento e instalación de la administración complementaria.

#### **4. COMMISSIONING DE GASODUCTOS**

Una vez terminada la construcción del gasoducto, el paso siguiente será la puesta en operación de la infraestructura, para lo cual se debe contar con la garantía y el respaldo de la asistencia técnica de parte de los proveedores de los equipos y con la limpieza previa de cada una de las partes y equipos para el inicio de la operación.

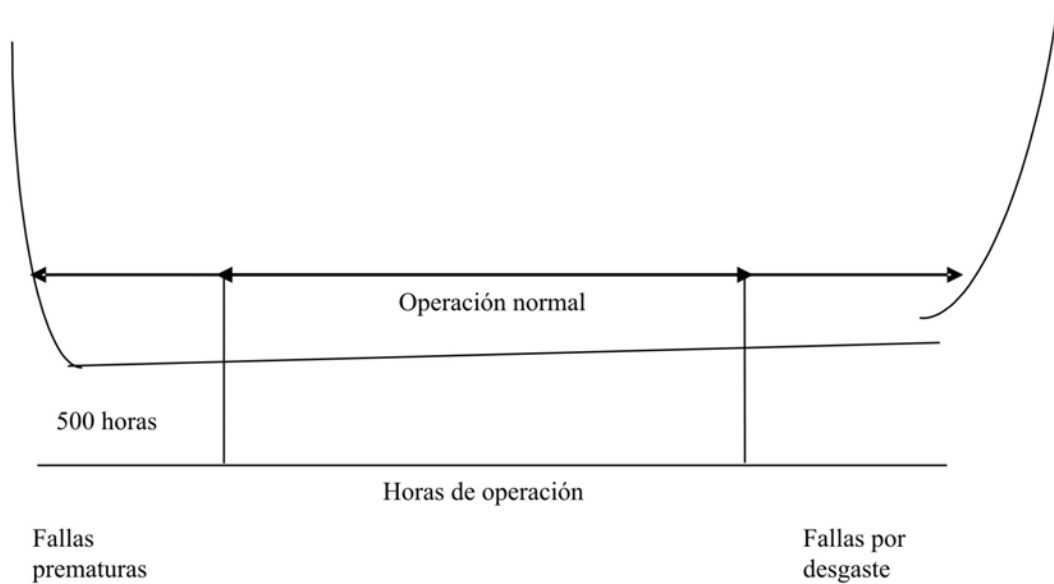
El commissioning lo constituye el conjunto de actividades realizadas por la empresa operadora, tendientes a verificar el adecuado funcionamiento de los diferentes sistemas que componen el gasoducto, previo a la operación normal de la infraestructura.

La filosofía del commissioning de un gasoducto y sus objetivos finales se encaminan a:

- 1 Evitar daños repentinos en los equipos que componen el gasoducto por operación inadecuada o mal procedimiento de arranque.
- 2 Mantener la capacidad de transporte del gasoducto, garantizando un cumplimiento en los contratos de transporte.
- 3 Garantizar la integridad del personal involucrado, mediante el establecimiento de normas claras y que el personal adquiera conciencia en auto - protección.
- 4 Garantizar la seguridad de los equipos, mediante el establecimiento de claros procedimientos de trabajo.
- 5 Racionalizar los costos, mediante el establecimiento de controles sobre la mano de obra y los materiales.

## 4.1 FRECUENCIA O ÍNDICE DE FALLAS EN EQUIPOS

Figura 2. Frecuencia o Índice de fallas en equipos



El anterior esquema explica la secuencia de las fallas en los equipos a lo largo de las horas de operación, este gráfico conocido como "Frecuencia o Índice de Fallas de Equipos o curva de la bañera", permite identificar los siguientes tipos de fallas:

**4.1.1 Fallas Prematuras:** Son las fallas que se presentan en las primeras 500 horas de operación de un equipo, las causas más comunes de este tipo de falla son:

- 1 fallas de diseño
- 2 fallas en la instalación
- 3 fallas en la puesta en operación
- 4 defectos de fabricación
- 5 materiales de mala calidad, etc.

Este tipo de falla se conoce como fallas prematuras y su reparación acarrea altos costos y retrasos en la operación normal de un sistema.

**4.1.2 Fallas por Desgaste:** Se presentan cuando se ha pasada la vida media útil promedio de una pieza o elemento y generalmente se requieren trabajos preventivos de reparación para evitar daños en operación. Este tipo de fallas se pueden presentar por:

- 1 Debido a la antigüedad de la pieza
- 2 Corrosión
- 3 Alteración de la estructura del material
- 4 Desgaste
- 5 Fatiga
- 6 Combinación de lo anterior

## **4.2 PROCEDIMIENTO PARA COMMISSIONING DE UN GASODUCTO**

A continuación se enumeran los pasos que se llevan a cabo para el recibo y commissioning de gasoductos:

1. Solicitud por parte de la empresa operadora, al dueño del gasoducto, del dossier o conjunto de documentos técnicos, de diseño y de referencia, generados durante cada una de las etapas del gasoducto. El dossier está conformado entre otros documentos por: memorias de cálculo y selección de equipos, informes de construcción e interventoría, catálogos o manuales de equipos, planos de montaje, libro de tubos, registros de pruebas, licencias y permisos obtenidos para la construcción y operación del gasoducto y listado total de componentes.
2. Dividir el total del gasoducto en secciones independientes que se llaman sistemas, cada sistema se puede dividir en subsistemas y estos a su vez están conformados por componentes.

3. Revisar el estudio “HAZOP” realizado durante el diseño del sistema y de ser necesario adelantar un nuevo “HAZOP” que involucre los cambios realizados durante el proceso de construcción.

4. Elaborar listas de chequeo o comprobación para cada uno de los componentes y subsistemas del gasoducto, que permitan determinar el estado de cada componente previo a la puesta en operación.

5. Verificación de los sistemas a recibir de acuerdo con las listas de comprobación (check List).

6. Participar como observador cuando sea posible, en las actividades de terminación mecánica y precommissioning realizadas por el constructor (prueba hidrostática, limpieza interna de tubería y secado de la línea, etc.).

7. Generación de un listado de pendientes (Punch List) de los sistemas que se revisan, con el fin de determinar requerimientos de trabajos de adecuación necesarios para la puesta en operación.

8. Clasificación de los pendientes que se generen de acuerdo con su importancia en:

1 **Indispensables:** Actividades de ejecución necesaria para que el sistema pueda recibir gas.

2 **Convenientes:** Actividades que no son necesarias para que el sistema pueda recibir gas, pero que se deben ejecutar.

3 **Recomendables:** actividades “Nice to Have”.

9. Emisión por parte de la empresa operadora, de la certificación técnica con pendientes.

10. Verificación y ejecución de los pendientes necesarios por parte del constructor.

11. Llenado del gasoducto a 300 psig, para desarrollar pruebas de fugas y ajustes de uniones bridadas y puesta en operación de equipos como: unidades de medición y filtración, unidades de regulación, pruebas operacionales de válvulas de seccionamiento y sus actuadores, pruebas y arranque de sistemas de control y de instrumentación en general.

12. Corrección de los pendientes detectados durante las pruebas anteriores.

13. Llenado de cada sistema a las condiciones de operación y definir las condiciones de operación de cada remitente.

14. Notificar al dueño el tramo del gasoducto se encuentra empacada.

15. Firma del acta donde consta que el gasoducto está listo para puesta en marcha.

16. Expedir la certificación técnica final.

### **4.3 PRINCIPALES COMPONENTES DE UN GASODUCTO**

A continuación se describen los principales componentes y subsistemas, en que se puede dividir un gasoducto, para el procedimiento de commissioning:

**4.3.1 Catalogo Mecánico o Dossier.** Corresponde a la recopilación de toda la información técnica correspondiente a cada una de las etapas de diseño y construcción del gasoducto, entre otras se debe tener la siguiente información:

- 1 Memorias de diseño del gasoducto y volúmenes de diseño.
- 2 Especificaciones técnicas de los equipos instalados.
- 3 Manuales de mantenimiento de los equipos.
- 4 Licencias de softwares y radiofrecuencias.
- 5 Especificaciones de construcción.
- 6 Procedimiento de terminación mecánica del constructor
- 7 Precommissioning del constructor
- 8 Certificado de terminación mecánica
- 9 Planos de montaje, PI&D's, planos de obras civiles, eléctricas etc.
- 10 Libro de tubos (pipe boock) de construcción del gasoducto.
- 11 Cálculos y registros de las pruebas hidrostáticas
- 12 Registros de pruebas realizadas durante la construcción y avaladas por la interventoría.

**4.3.2 Línea Troncal y Derecho de Vía:** Abarca todas las secciones de tubería que conforman el gasoducto troncal, los aspectos topográficos del derecho de vía, tanto de la troncal como de los ramales. Las funciones del operador previo a la puesta en marcha se limitan a verificar las pruebas hidrostáticas, la limpieza y secado de la tubería a través de los resultados de los informes QA/QC suministrados por el constructor e interventor para asegurarse que el gasoducto troncal está listo para operación.

Durante la inspección del derecho de vía del gasoducto se evalúa si se han llevado a cabo adecuadamente las actividades de restauración y estabilización del derecho de vía (Obras Geotécnicas) conforme a las especificaciones de construcción. Es esencial llevar un registro de referencia sobre las condiciones tanto del derecho de vía como de las vías de acceso, con el fin de reducir o eliminar controversias sobre futuras responsabilidades. No obstante, en dicha revisión no puede evaluarse en su totalidad las condiciones que bien pueden haberse incorporado dentro del trabajo de construcción, pero que no son perceptibles al hacer una inspección visual.

Este subsistema puede contener los siguientes componentes, que deben ser verificados por el operador:

- 1 Limpieza, conformación y estabilidad del derecho de vía.
- 2 Demarcación, señalización y absisado del derecho de vía.

**4.3.3 Instalaciones de Medición y Filtración:** Incluye todos los componentes de los equipos y los instrumentos específicamente relacionados con la medición de la cantidad y los volúmenes del gas recibido y entregado.

Deberá inspeccionarse la correcta instalación y alineación de cada uno de los medidores y verificarse que el cuerpo de medición haya sido instalado en la dirección indicada del flujo.

Con el objeto de prevenir daños en elementos de medición, se deberán seguir las recomendaciones del caso establecidas en el procedimiento de llenado y puesta en marcha.

**4.3.4 Válvulas de Seccionamiento:** Incluye todas las válvulas, operadores de las válvulas, soportes de tubería, abrazaderas de tubos, accesos, sistema de seguridad física, sistemas de señalización, vallas, estructuras auxiliares, etc.

Se debe contemplar la verificación del funcionamiento de los equipos de control de la válvula, para lo cual en primera instancia se realizarán pruebas locales en sitio.

Este subsistema puede contener los siguientes componentes, que deben ser verificados por el operador:

- 1 Obras Electromecánicas
- 2 Obras Civiles
- 3 Obras de Instrumentación.
- 4 Suministro de potencia para los instrumentos de control

**4.3.5 Trampas de Raspadores:** Incluye todas las válvulas que conforman la trampa de raspadores, soportes de tubería, abrazaderas de tubos, accesos, sistema de seguridad física, sistemas de señalización, vallas, estructuras auxiliares, etc.

Este subsistema puede contener los siguientes componentes, que deben ser verificados por el operador:

- 4 Obras Electromecánicas
- 5 Obras Civiles
- 6 Obras de Instrumentación.
- 7 Suministro de potencia para los instrumentos de control

**4.3.6 Ramales a los city gates:** Incluyen los ramales que van desde la troncal hasta los City Gates. Las funciones de puesta en marcha serán las que apliquen de las mencionadas anteriormente para la troncal.

**4.3.7 City Gates:** Incluye todas las válvulas, operadores de válvulas, sistemas de regulación, sistemas de medición, sistemas de odorización, tanques recolectores de condensados, sopladores, soportes de tubería, abrazaderas de tubos, sistema de seguridad física, sistemas de señalización, vallas, estructuras auxiliares, etc.

Este subsistema puede contener los siguientes componentes, que deben ser verificados por el operador:

- 8 Obras Electromecánicas
- 9 Obras Civiles
- 10 Obras de Instrumentación.
- 11 Suministro de potencia para los instrumentos de control

**4.3.8 Sistema SCADA:** Todos los datos se confirmarán desde el punto de origen hasta el Centro de Control. La confirmación se hará mediante representación

gráfica; alarmas y/o informes y presentación de acontecimientos; y mediante puntos de datos calculados o compuestos. Los valores límites para puntos de datos también se probarán de esta forma.

Para efectuar la verificación del funcionamiento de los equipos del sistema SCADA, RTU's, medidores y demás elementos integrados al sistema SCADA; se realizarán en primera instancia pruebas locales en sitio y posteriormente la verificación del recibo de las señales en el centro de control.

El procedimiento de puesta en marcha incluye pruebas en lazo desde los elementos finales hasta los computadores de flujo/RTUs, verificación de los datos y constantes en el computador de flujo, precisión en los cálculos e integridad de los datos desde los computadores de flujo/RTUs hasta el SCADA. De igual forma, deben verificarse los resultados del SCADA hasta el elemento final.

**4.3.9 Sistema de Comunicaciones:** Abarca todos los componentes del sistema SCADA e incluye el sistema de comunicación telefónica entre oficinas, así como el sistema de radiocomunicación. El personal del operador verificará que las pruebas que realicen los proveedores garanticen que el funcionamiento de los sistemas se adapte al uso que de éstos se espera.

Otra de las tareas del operador es presenciar las pruebas y analizar los resultados de las mismas sobre las principales piezas del equipo y del sistema de comunicaciones, así como avalar la prueba de funcionalidad del sistema previa a la aceptación del mismo.

**4.3.10 Sistema de Protección Catódica:** Incluye la revisión del diseño del sistema de protección catódica, verificación de la instalación de los rectificadores de acuerdo al diseño, verificación de la instalación de suministro de potencia hacia los rectificadores y finalmente la puesta en operación del sistema y verificación de

los niveles de potenciales adecuados de acuerdo a la norma NACE correspondiente.

Este subsistema puede contener los siguientes componentes, que deben ser verificados por el operador:

12 Obras Eléctricas

13 Obras Civiles

14 Instalación de rectificadores de protección catódica y transformadores.

**4.3.11 Gestión con Comunidades y Permisos de Operación.** Incluye el subsistema de gestión con comunidades y permisos o licencias requeridas para la operación del gasoducto. Como parte del commissioning se debe evaluar el estado de constitución de servidumbres de tránsito con los propietarios de los predios, verificar el pago de daños a predios durante el proceso de construcción, cumplimiento a compromisos establecidos con comunidades, verificación de las licencias ambientales y cumplimiento a los programas de compensación, permisos o licencias de operación cuando se requiera.

**4.3.12 Instalaciones de Campo y Oficinas.** Incluye todas las edificaciones, oficinas, sistemas eléctricos y otros sistemas relacionados. Como parte del procedimiento de commissioning se debe evaluar si las condiciones de dichas instalaciones están acorde con las especificaciones de diseño y/o procedimientos aplicables.

#### **4.4 LISTAS DE VERIFICACION**

Una lista de verificación (check list), son listas detalladas (paso a paso), que permiten realizar una revisión a un sistema de una manera ordenada y secuencial. Con la aplicación de estas listas de verificación se busca garantizar una revisión detallada y de esta manera detectar posible anomalías o deficiencias en la

instalación de equipos, en los procesos constructivos seguidos, etc., con el fin de tomar correctivos antes de la puesta en operación de la infraestructura a operar.

En los anexos, se desarrollan listas de verificación (check list), para los principales componentes de un gasoducto. Estas listas de verificación sirven de guía para el desarrollo del procedimiento de commissioning para cada uno de los diferentes componentes de un gasoducto, sin embargo deben ser revisadas, complementadas y adecuadas para cada caso en particular.

Las listas de verificación presentadas son:

Anexo A. Lista de verificación resumen de un gasoducto.

Anexo B. Lista de verificación para la documentación que debe soportar el diseño y la construcción de un gasoducto

Anexo C. Lista de verificación para la línea troncal y ramales.

Anexo D. Lista de verificación para sistemas de filtración y medición.

Anexo E. Lista de verificación para trampas de raspadores

Anexo F. Lista de verificación para válvulas de seccionamiento y de derivación.

Anexo G. Lista de verificación para city gates o estaciones reguladoras de presión.

Anexo H. Lista de verificación para sistema de protección catódica.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Se presentó una metodología para adelantar el proceso de commissioning de un gasoducto nuevo, como parte de la puesta en operación de la infraestructura y buscando minimizar los daños a los componentes, por mala operación o deficiencias presentadas durante la instalación de los mismos. Igualmente esta metodología busca minimizar los riesgos de seguridad industrial para el personal que participa de la puesta en operación de un gasoducto nuevo.
- Se desarrolló listas de verificación para los principales componentes de un gasoducto. Estas listas de verificación buscan facilitar los procesos de revisión de un equipo y de esta manera garantizar una adecuada instalación y una adecuada puesta en operación.
- La operación de un gasoducto, es una actividad integral que debe velar por la seguridad pública y el cumplimiento de los estándares o normas contempladas para esta actividad, a nivel nacional o internacional. Dentro de este aspecto, es del alcance del operador de un gasoducto, verificar todo el proceso de diseño y construcción de la infraestructura a operar.
- Con miras al cumplimiento de las normas, se debe adelantar procesos detallados para la revisión de la infraestructura construida, detectar y corregir a tiempo posibles deficiencias, que puedan ocasionar daños materiales o víctimas fatales al personal de la compañía o al público en general.
- Dentro de la materialización de un gasoducto, es práctica común que en cada etapa (factibilidad, diseño, construcción, operación), participen compañías diferentes en cada etapa. De esta manera la compañía operadora no es la misma que realizó la construcción, no es la misma que realizó el diseño y selección del

trazado de la ruta del gasoducto. Por esta razón, es de gran importancia que exista una coordinación entre cada una de las etapas del proyecto, que permita tener la continuidad y concordancia requerida para garantizar la calidad del producto final.

- El proceso de selección de equipos debe estar acorde con los requerimientos del sistema en el mediano plazo. No es recomendable realizar la selección de equipos con proyecciones optimistas de la demanda y a muy largo plazo, especialmente equipos tan sensibles para el sistema como son los equipos de medición y los equipos de seguridad.

- Colombia cuenta con amplia infraestructura de gasoductos, que son propiedad de diferentes empresas (Promigas, Transmetano, Transoriente, Ecogas, etc.), y cada compañía propietaria de gasoductos tiene sus propias políticas para la operación y mantenimiento de su infraestructura.

- Se recomienda establecer estándares mínimos para la buena conservación de los gasoductos y realizar auditorías a los procedimientos seguidos, por parte de una entidad competente y calificada, buscando garantizar adecuadas prácticas de Operación y Mantenimiento y prevenir accidentes de consecuencias graves para la seguridad pública y para las mismas compañías.

## **BIBLIOGRAFIA**

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ANSI / ASME B 31.4  
Liquid Petroleum Transportation Piping Systems.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ANSI / ASME B 31.8 Gas  
transmission and Distribution piping systems.

MANUAL PRACTICO PARA DOBLADO DE LINEAS DE TUBERIAS. Antonio  
Paccini Llerena.

PIPELINE OPERATION & MAINTENANCE – A Practical Approach- Mo  
Mohitpour, Jason Szabo, Thomas Van Hardeveld.

SPECIFICATION For Pipeline construction FFD / F - S - PL - 028













LISTA DE COMPROBACION							Hoja No. 6 de 7			
SISTEMA : TRONCAL						FECHA:				
SUBSISTEMA : RECIBO DOCUMENTOS										
Sector :										
Ubicación:										
Tipo:				Clase:		TAG No.				
Planos:				Norma/Especificación:						
ITEM	DESCRIPCION					No. DE REFERENCIA	C	NC	NA	NOTA
	<b>Documentación y Planos del Sistema Scada</b>									
1	Documentos de Ingeniería y planos As Built									
2	Contrato y/o permisos de uso de segmentos satelital.									
3	Planos de cableado									
4	Planos de configuración de gabinetes									
5	Detalles de puesta a tierra, fuentes de poder y protección de descargas eléctricas.									
6	Documentos de prueba de aceptación en el sitio.									
7	Documentos de calibración de los transmisores									
8	Registros de señales I/O a la Base de Datos registradores									
9	Instrucciones y especificaciones del Software especializado.									
10	Listado de inventario preliminar									
11	Documentos de licencias de radio - frecuencias									
12	Especificaciones de fabricantes									
13	Documentos de garantía de equipos o sistemas									
14	Manuales de arranque, operación y mantenimiento									
15	Listado de máximos y mínimos de repuestos.									
16	Identificación de equipos fuera del alcance del contrato.									
17	Licencias del Software.									
SITUACIONES NO CONFORMES:										
<b>ONVENCIO</b>	<b>Vo.Bo</b>	<b>NOMBRE</b>				<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>			
C: Conforme	Coordinador PROPIETARIO									
NC: No Conform	Gerente O&M OPERADOR									
N/A: No aplica	Representante CONSTRUCTOR									
	Representante INTERVENTOR									















LISTA DE COMPROBACION		Hoja No. _1_ de _1_			
SISTEMA : TRONCAL		FECHA:			
SUBSISTEMA : CITY GATE -					
Sector :					
Ubicación:					
Tipo:		Clase:		TAG No.	
Planos:		Norma/Especificación:			
ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD	C	NC	NA	NOTA
<b>Obras mecánicas</b>					
1	Recopilación de documentos, planos y especificaciones de Ingeniería.				
1,1	Memorias del cálculo de los diseños.				
1,2	Memorias del cálculo para la selección de equipos.				
1,3	Cálculos, registros y resultados de las pruebas hidrostáticas.				
1,4	Catálogos mecánicos.				
1,5	Certificados de calibración de los equipos.				
1,6	Diagramas de flujo.				
2	Inspección completa para verificar que cumple con los planos de construcción, diagramas de flujo, P&ID's, planos y especificaciones de los fabricante.				
3	Verificación de los materiales y equipos instalados de acuerdo con las especificaciones del proyecto.				
4	Verificación de remoción de sustancias protectoras de los equipos.				
5	Realización de ajustes preoperativos de los equipos.				
6	Verificar que las válvulas, tubería y accesorios están instalados de acuerdo al piping class correspondiente				
7	Verificar el doblado de la tubería del gasoducto para llevarla a la trampa ( si la hay )				
8	Verificar la instalación de juntas de aislamiento.				
9	Verificar la construcción de las líneas de acometida de tubería, desde la entrada hasta la unidad paquete y desde ésta hasta la brida que entrega al municipio correspondiente.				
10	Verificar el suministro e instalación de válvulas, accesorios de 2-½" de diámetro y menores, empaques, esparragos, tuercas y couplings.				
11	Verificar torque aplicado en las uniones bridadas				
12	Verificar instalación de válvulas, incluyendo las de operación, las de venteo y las de cierre automático.				
13	Verificar la conexión de venteos y drenajes				
14	Verificar el drenado y secado de las tuberías para conexión a las estaciones.				
15	Verificar que las soldaduras hechas están conforme a procedimientos y soldadores debidamente calificados según normas y especificaciones aplicables.				
16	Verificar ejecución y solicitar registros de :				
16,1	Prueba de estanqueidad.				
16,2	Radiografías.				
16,3	Pruebas hidrostáticas.				
17	Señalización general y de seguridad industrial.				
<b>SITUACIONES NO CONFORMES:</b>					
<b>NVNCI</b>	<b>Vo.Bo</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>	
C: Conform		Coordinador PROPIETARIO			
NC: No Con		Gerente O&M OPERADOR			
N/A: No apl		Representante CONSTRUCTOR			
		Representante INTERVENTOR			

LISTA DE COMPROBACION					Hoja No. <u>  1  </u> de <u>  1  </u>	
SISTEMA : TRONCAL				FECHA:		
SUBSISTEMA : CITY GATE -						
Sector :						
Ubicación:						
Tipo:		Clase:		TAG No.		
Planos:		Norma/Especificación:				
ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD	C	NC	NA	NOTA	
<b>Trabajos eléctricos</b>						
1	Recopilación de los documentos de Ingeniería y planos "AS BUILT".					
2	Verificar el suministro e instalación del sistema de puesta a tierra, red y conexiona- do de la malla de cerramiento.					
3	Verificar instalación de la Subestación eléctrica ( si aplica ).					
4	Verificar sistema de iluminación ( si aplica ).					
5	Verificar la instalación de la acometida eléctrica.					
6	Verificar la instalación del transformador de 15 kw, así como : poste concreto de 12 mts.,Pararrayos, cortacircuitos, herrajes, aisladores, crucetas, cables y varillas de tierra ( utilice especificaciones técnicas ).					
7	Verificar la construcción e instalación de banco de ductos eléctricos enterrados (en estación con suministro de energía eléctrica.).					
8	Verificar la instalación de un tablero de servicios generales para las estaciones con suministro de energía eléctrica.					
9	Verificar la instalación de un tablero con fotocelda para control del sistema de ilumi- nación para las estaciones de suministro de energía eléctrica.					
10	Verificar la instalación de un tablero para alimentación de instrumentos, para las es- taciones con suministro de energía eléctrica.					
11	Verificar instalación de un tablero concentrador de señales para el sistema SCADA					
12	Verificar el suministro e instalación de un sistema de potencia sin interrupcion (UPS) de 5kva y 8 horas de duración.					
13	Verificación, inspección y revisión del sist. de generación eléctrica local (si aplica).					
14	Inspección del sistema de puesta a tierra.					
15	Revisión de paneles de control					
16	Revisión de protecciones de seguridad					
17	Requerir documentación técnica que avale la ejecución de los ensayos y pruebas ejecutadas durante la instalación eléctrica, así como certificados de material y chequeos de equipos.					
18	Revisión del sistema de aislamiento dieléctrico					
19	Revisión de bandejas de transporte de cables					
20	Revisión sistema de pararrayos					
21	Revisión detallada del funcionamiento de interruptores y red de alumbrado interior					
<b>SITUACIONES NO CONFORMES:</b>						
<b>IVENC:</b>	<b>Vo.Bo</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>		
C: Conform	Coordinador PROPIETARIO					
NC: No Con	Gerente O&M OPERADOR					
N/A: No apli	Representante CONSTRUCTOR					
	Representante INTERVENTOR					



LISTA DE COMPROBACION					Hoja No. 1 de 5		
SISTEMA : TRONCAL				FECHA:			
SUBSISTEMA :		UNIDAD PAQUETE					
Sector :							
Ubicación:							
Tipo:			Clase:		TAG No.		
Planos:			Norma/Especificación:				
ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD			C	NC	NA	NOTA
<b>Obras Mecánicas</b>							
1	Verificar identificación de los equipos (Placa de identificación en acero inoxidable:No.Tag., localización, servicio, capacidad, etc.)						
2	Verificar que las válvulas, tuberías y accesorios están instalados de acuerdo al "piping class".						
3	Verificar que los Skids estén debidamente autosoportados y contengan algún dispositivo para las operaciones de erección y mantenimiento.						
4	Chequear el anclaje de los equipos. Verificar el correcto uso de los tornillos y su torque						
5	Verificar el ensamble, alineación, nivelación y anclaje						
6	Verificar el uso de tubería de acero inoxidable para la instalación del venteo de la estación y drenaje de la unidad de filtración.						
7	Verificar que todas las conexiones son bridadas. en caso de soldaduras verificar que los procedimientos de soldadura (WPS's) y soldadores estan calificados de acuerdo al código ASME, sección V y IX y las mismas radiografiadas en un 100%.						
8	Verificar que las válvulas de control están instaladas con trim de material de acero inoxidable y sellos de teflón, lo que permitirá una fácil remoción y mantenimiento.						
9	Verificar la localización e instalación de válvulas de bloqueo en entrada y descarga de líneas.						
10	Verificar la instalación del tanque odorizador : Nivelación, anclaje y conexionado al Skid de medición.						
11	Verificar la instalación del intercambiador de calor.						
12	Verificar la instalación de la caldera: Anclaje y conexionado de la tubería de agua y gas desde la caldera a la estación.						
13	Verificar el acabado de pintura y presentación de los equipos						
14	Verificar que los filtros separadores están instalados de acuerdo con las especificaciones de montaje mecánico y con las recomendaciones del fabricante.						
15	Requerir documentación técnica que avale la ejecución de los ensayos y pruebas ejecutadas durante la instalación mecánica, así como certificados de material y chequeos de equipos.						
<b>SITUACIONES NO CONFORMES:</b>							
<b>INVENCI</b>	<b>Vo.Bo</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>			
C: Conform	Coordinador PROPIETARIO						
NC: No Con	Gerente O&M OPERADOR						
N/A: No apli	Representante CONSTRUCTOR						
	Representante INTERVENTOR						



LISTA DE COMPROBACION		Hoja No. <u>3</u> de <u>5</u>			
SISTEMA : TRONCAL		UNIDAD PAQUETE		FECHA:	
SUBSISTEMA :					
Sector :					
Ubicación:					
Tipo:		Clase:		TAG No.	
Planos:		Norma/Especificación:			
ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD	C	NC	NA	NOTA
<b>Instrumentación</b>					
1	Verificar manómetros estado general N/S :				
1.a	Pintura				
1.b	Posición				
1.c	Medición sin gas señala <u>0</u>				
1.d	Rango de calibración de acuerdo con el proceso				
2	Verificar estado general transmisores				
2.a	Pintura				
2.b	Posición				
2.c	Medición display : _____				
2.d	Dígitos OK				
2.e	Energización CERO : _____ SPAN : _____				
2.f	Rango total : _____				
2.e	Salida de 4-20MA				
2.f	Calibración : CERO : _____ SPAN : _____				
2.g	Estado del cable				
2.h	Estado conexiones : _____				
2.i	Número serial : _____				
3	Verificar estado general transmisores de temperatura				
3.a	Pintura				
3.b	Posición				
3.c.a	Medición display : _____				
3.c.b	Dígitos OK				
3.d.a	Energización CERO : _____ SPAN : _____				
3.d.b	Rango total : _____				
3.e	Salida de 4-20MA				
3.f	Calibración : CERO : _____ SPAN : _____				
3.g	Estado del cable				
3.h	Estado conexiones : _____				
3.i	Número serial : _____				
4	Verificar estado general transmisores de presión				
4.a	Pintura				
4.b	Posición				
4.c.a	Medición display : _____				
4.c.b	Dígitos OK				
<b>SITUACIONES NO CONFORMES:</b>					
<b>IVENCÍ</b>	<b>Vo.Bo</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>	
C: Conform	Coordinador PROPIETARIO				
NC: No Con	Gerente O&M OPERADOR				
N/A: No apli	Representante CONSTRUCTOR				
	Representante INTERVENTOR				

LISTA DE COMPROBACION		Hoja No. 4 de 5			
SISTEMA : TRONCAL		FECHA:			
SUBSISTEMA :		UNIDAD PAQUETE			
Sector :					
Ubicación:					
Tipo:		Clase:		TAG No.	
Planos:		Norma/Especificación:			
ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD	C	NC	NA	NOTA
	<b>Instrumentación</b>				
4.d.a	Energización CERO : _____ SPAN : _____				
4.d.b	Rango total : _____				
4.e	Salida de 4-20MA				
4.f	Calibración : CERO : _____ SPAN : _____				
4.g	Estado del cable				
4.h	Estado conexiones : _____				
4.i	Número serial : _____				
5	Verificar E.S.D.V.				
5.a	Prueba apertura				
5.b	Prueba cierre				
5.c	Número serial : _____				
6	Verificar Switches				
6.a	Temperatura				
6.b	Presión				
6.c	Presión diferencial				
7	Verificar computador de flujo				
7.a	Ajuste : CERO : _____ SPAN : _____				
7.b	Unidades : _____				
7.c	Método : _____				
7.d	Tipo : _____				
7.e	Sitio : _____				
7.f	Sensores : _____				
7.g	Sensores golpeados				
7.h	Cable : _____				
7.i	Bornera				
7.j	Elementos de regulación ZSC : _____ 0.40 : _____				
7.k	Válvula de flujo axial : _____				
7.l	Medidor diafragma : _____				
7.m	Medidor rotativo : _____				
7.n	Medidor turbina : _____				
7.o	Intercambiador de calor : _____				
7.p	Número serial : _____				
8	Verificar caja de conexiones				
8.a	Pintura				
<b>SITUACIONES NO CONFORMES:</b>					
<b>NVENC </b>	<b>Vo.Bo</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>	
C: Conform	Coordinador PROPIETARIO				
NC: No Con	Gerente O&M OPERADOR				
N/A: No apli	Representante CONSTRUCTOR				
	Representante INTERVENTOR				

LISTA DE COMPROBACION					Hoja No. 5 de 5			
SISTEMA : TRONCAL				FECHA:				
SUBSISTEMA :			UNIDAD PAQUETE					
Sector :								
Ubicación:								
Tipo:			Clase:		TAG No.			
Planos:			Norma/Especificación:					
ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD				C	NC	NA	NOTA
	<b>Instrumentación</b>							
8.b	Posición							
8.c	Cableado							
8.d	Regletas							
8.e	Borneras							
8.e.a	Marcación señales							
8.e.b	Número Junctions Box							
8.e.c	Estado tornillos							
8.e.d	Etiquetas cables							
8.e.e	Estado cables							
8.e.f	Estado terminales							
8.e.g	Ubicación según planos							
8.f	Dimensión de la caja :							
8.g	Seguridad . Candado : _____ Sello : _____ Otros : _____							
9	Verificar que los equipos están instalados siguiendo los lineamientos de las especificaciones para instalaciones en áreas peligrosas.							
10	Verificar que los instrumentos están calibrados bajo la especificación siguiente :							
10.a	Presión diferencial $\pm$ 0.075% del SPAN							
10.b	Indicadores de presión $\pm$ 0.1% del SPAN							
10.e	Temperatura $\pm$ 0.15% °C del SPAN							
10.d	Flujo $\pm$ 0.5% rango del hueco							
11	Verificar presión de las válvulas de seguridad de acuerdo a la norma API 520							
12	Verificar que cada instrumento debe tener una placa de identificación metálica que muestre : No.Tag , servicio, posición, marca de fábrica, modelo, referencia. etc.							
13	Verificar que todos los switches de transmisión y señal al computador están cableados a la caja de conexión por el vendedor e instalados en el patín. Constatar que la caja de conexión es división clase 1.							
14	Verificar que el medidor de turbina tiene facilidades de calibración periódica con equipo externo.							
15	Verificar el estado ( acabado final ) y cantidades requeridas por el diseño de Ingeniería.							
16	Verificar que los lazos de control, están debidamente instalados por IGA/ALCANOS.							
17	Verificar que las unidades de RTU's y el sistema de comunicaciones está debidamente instalado por SINGER y TELECOM.							
18	Verificar que han sido chequeados los protocolos de comunicación.							
19	Verificar I/P (control automático a remoto) desde el sistema SCADA para regulación.							
<b>SITUACIONES NO CONFORMES:</b>								
<b>INVENC:</b>	<b>Vo.Bo</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>				
C: Conform	Coordinador PROPIETARIO							
NC: No Con	Gerente O&M OPERADOR							
NA: No apli	Representante CONSTRUCTOR							
	Representante INTERVENTOR							