

**FASES Y ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA TRANSPORTE DE  
HIDROCARBUROS**

**DIDDIER AUGUSTO VEGA PEÑA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2012**

**FASES Y ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA TRANSPORTE DE  
HIDROCARBUROS**

**DIDDIER AUGUSTO VEGA PEÑA**

**Trabajo de Grado para optar al Título de  
Especialista en Ingeniería del Gas**

**Director  
Ing. Faustino Camargo Sarmiento**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar le agradezco a mi Dios, quien me dio la vida a través de mis padres, a mi familia, esposa e hijos, mi madre, mis hermanos, mis compañeros, mis amigos, mis jefes, empresas, maestros, a la Universidad y en general a todo el mundo que me dio la mano para poder cumplir y hacer de este sueño una realidad.

Con todo respeto.

Ing. DIDDIER A. VEGA

## **DEDICATORIA**

Esta monografía se la dedico con todo mi corazón y mi vida a mi familia, mi esposa, mis hijos, mi madre que es una santa, mis hermanos y mi gran hermanita Mireya, a mis jefes y empresas que han creído en mí y que me han apoyado que Dios me los bendiga por siempre, sin ellos no hubiera sido posible esta realidad y gran sueño que tenía en la vida.

Con perseverancia, disciplina y sacrificio todo se logra,

Nada es suficiente, excepto lo mejor.

Con cariño,

Su hijo, esposo, padre, hermano, amigo y empleado.

**DIDDIER VEGA**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	19
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	20
1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	20
1.1.1 Objetivo General .....	20
1.1.2 Objetivos Específicos.....	20
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	21
1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO .....	22
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.5 CÓDIGOS Y NORMAS APLICABLES AL PROYECTO.....	22
1.6 CALIDAD DEL GAS A TRANSPORTAR.....	25
2. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN .....	27
2.1 ACTIVIDADES PREVIAS A LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	27
2.1.1 Punto de Conexión y Punto de Transferencia.....	27
2.1.2 Análisis de la Topografía del Área de Influencia .....	27
2.1.3 Aspectos Ambientales .....	28
2.1.3.1 Licenciamiento Ambiental .....	28
2.1.4 Aspectos Hidrológicos.....	33
2.1.5 Aspectos Económicos.....	33
2.1.6 Aspectos Operacionales .....	33
2.1.7 Aspectos de Orden Público.....	33

2.1.8 Tierras.....	34
2.1.9 Análisis de Suelos (Estratigrafía).....	35
2.1.10 Clasificación de Áreas. Clase de Localización.....	35
2.1.11 Aspectos Geomorfológicos del Suelo.....	36
2.1.12 Aspectos Generales Sobre Otras Instalaciones Existentes.....	36
2.2 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN.....	37
2.3 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO.....	37
2.3.1. Ejecución de los Trabajos.....	37
2.3.2 Señalización Temporal.....	38
2.3.3 Condiciones para el Recibo de los Trabajos.....	41
2.4 APERTURA DE DERECHO DE VIA.....	41
2.4.1 Requerimientos Generales.....	41
2.4.2 Requerimientos de Construcción.....	42
2.4.2.1 Delimitación del Derecho de Vía.....	42
2.4.3 Obras de Protección Geotécnica.....	42
2.4.3.1 Manejo de Corrientes Menores y Escorrentías.....	42
2.4.3.2 Estructuras de Contención de Tierras.....	45
2.4.4 Desmonte y Descapote.....	59
2.4.5 Nivelación (Movimiento de Tierras).....	60
2.4.6 Instalaciones Temporales y Reparaciones.....	61
2.5 PROCEDIMIENTO DE TRANSPORTE, TENDIDO Y DOBLADO DE TUBERÍA.....	62
2.5.1 Recepción de Tubería.....	62

2.5.2	Cargue y Descargue .....	64
2.5.2.1	Cargue .....	64
2.5.2.2	Descargue.....	64
2.5.3	Acopio .....	65
2.5.4	Transporte.....	65
2.5.5	Tendido de Tubería.....	66
2.5.6	Identificación de la Tubería .....	67
2.5.7	Doblado de Tubería .....	68
2.5.8	Inspecciones .....	72
2.6	PROCESO DE ALINEAMIENTO Y SOLDADURA.....	72
2.6.1	Biselado.....	72
2.6.2	Limpieza Interna de los Tubos.....	73
2.6.3	Alineación .....	73
2.6.4	Soldadura en Campo.....	74
2.6.4.1	Calificación del Procedimiento de Soldadura.....	74
2.6.5	Inspección y Ensayo .....	80
2.6.5.1	Inspección Visual de Soldadura.....	80
2.6.5.2	Inspección de Motosoldadores .....	80
2.6.6	Disposiciones Generales .....	81
2.7	PROCEDIMIENTO DE ZANJADO BAJADO Y TAPADO.....	82
2.7.1	Apertura de Zanja en Terrenos en Condiciones Normales .....	82
2.7.1.1	Profundidades Mínimas para la Instalación de la Tubería .....	83
2.7.2	Instalación de Tuberías en Zonas de Media Ladera .....	86

2.7.3	Apertura de Zanjas en Zonas Rocosas.....	86
2.7.4	Bajado.....	90
2.7.5	Filtros Longitudinales .....	90
2.7.6	Tapado.....	93
2.8	PROCEDIMIENTO DE REVESTIMIENTO DE SUPERFICIES.....	95
2.8.1	Superficies que no Serán Revestidas.....	96
2.8.2	Superficies a Ser Protegidas .....	97
2.8.3	Especificación de Materiales .....	97
2.8.4	Preparación de las Superficies .....	102
2.8.4.1	Restricciones de la Preparación .....	104
2.8.5	Pintura .....	104
2.8.5.1	Generalidades de Protección.....	106
2.8.5.2	Tubería.....	107
2.8.5.3	Estructuras Metálicas.....	110
2.8.6	Procedimiento para la Aplicación de la Protección .....	111
2.8.6.1	Requisitos Mínimos.....	111
2.8.7	Inspecciones y Reparaciones .....	112
2.8.8	Sistema de Protección para Superficies Aéreas.....	112
2.8.9	Sistemas de Recubrimientos para Protección de Elementos Estructurales Fabricados en Acero al Carbono .....	113
2.8.9.1	Sistema Epóxico .....	113
2.8.9.2	Sistema Epoxi-Uretano .....	113
2.8.9.3	Sistema Alquídico .....	114

2.8.10	Sistemas de Recubrimientos para Equipos o Elementos que Están Sometidos a Temperaturas Hasta de 210 °C. ....	114
2.8.11	Color Final.....	115
2.8.12	Control de Calidad .....	115
2.9	PROCESO DE SOLDADURA CADWELD.....	116
2.9.1	Preparación de las Superficies .....	116
2.9.2	Preparación de los Elementos de Soldadura.....	117
2.9.3	Verificación de la Soldadura Cadweld .....	118
2.9.4	Verificación del Molde Después de Ejecutar la Soldadura Cadweld.....	119
2.9.5	Remoción de Soldaduras Defectuosas.....	120
2.9.6	Protección del Área Soldada .....	120
2.10	PROCEDIMIENTO DE LEVANTAMIENTO AS BUILT Y LIBRO DE TERMINACIÓN DE OBRA.....	120
2.10.1	Levantamiento Topográfico “AS BUILT” del Trazado de la Acometida ....	120
2.10.1.1	Planimetría.....	120
2.10.1.2	Altimetría.....	121
2.10.1.3	Georeferenciación de Juntas Soldadas .....	123
2.10.1.4	Materialización de Amarres Geodésicos.....	128
2.10.1.5	Requerimientos de Dibujo para la elaboración de Planos Topográficos “AS-BUILT” .....	131
2.10.1.6	Documentos Complementarios.....	131
2.10.1.7	Planos Mecánicos, de Obras Civiles, Eléctricos y de Instrumentación “AS-BUILT”. .....	133
2.10.2	Libros de Terminación de Obra.....	133
2.10.2.1	Alcances .....	135

2.10.3	Presentación de los Libros de Terminación de Obra .....	136
2.10.4	Diseño de Platillas .....	138
2.10.5	Información a Recolectar para los Libros de Terminación de Obra .....	140
2.10.5.1	Descripción General del Proyecto.....	140
2.10.5.2	Protocolos de Prueba.....	141
2.10.6	Entrega de Libros de Terminación de Obra .....	143
2.11	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA .....	143
2.11.1	Aspectos Ambientales.....	143
2.11.2	Definición .....	143
2.11.3	Características de la Prueba.....	144
2.11.4	Requisitos Previos .....	144
2.11.4.1	Limpieza Interior y Calibración de la Tubería.....	147
2.11.4.2	Llenado y Purga de Aire.....	147
2.11.4.3	Presurización .....	149
2.11.4.4	Procedimientos .....	151
2.11.4.5	Presiones de la Prueba Hidrostática.....	152
2.12	PRECOMISIONADO Y PUESTA EN SERVICIO .....	155
2.12.1	Metodología .....	155
2.12.2	Planificación del Comisionado.....	156
2.12.3	Ejecución del Comisionado.....	160
2.12.4	Cierre del Comisionado .....	165
2.13	NUEVAS TECNOLOGÍAS: SOLDADURA AUTOMÁTICA.....	165
2.13.1	Generalidades del Ultrasonido .....	168

2.13.1.1	Proceso del Ensayo .....	169
2.13.2	Principios Generales de Inspección .....	175
2.13.3	Descripción de la Inspección Ultrasónica Utomatizada .....	175
3.	CONCLUSIONES .....	184
	BIBLIOGRAFÍA.....	185
	ANEXOS.....	188

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones de calidad del gas natural según RUT.....	25
Tabla 2. Factores de diseño básico según la clase de localidad .....	36

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Detalle de zanjas de coronación o de desagüe .....	44
Figura 2. Manejo de corrientes que cruzan el derecho de vía .....	44
Figura 3. Tipos de trinchos .....	47
Figura 4. Detalle de trinchos con estacones .....	49
Figura 5. Detalle de trinchos .....	50
Figura 6. Diseño típico de muros de gaviones .....	57
Figura 7. Diseño típico de muros de gaviones .....	57
Figura 8. Detalle de muros de gaviones para el derecho de vía a media ladera suave. ....	58
Figura 9. Especificaciones para apertura y tapado de zanjas en línea regular ....	85
Figura 10. Detalle de filtro longitudinal .....	92
Figura 11. Barrera de protección en la zanja .....	92
Figura 12. Detección mediante señal transmitida y reflejada .....	169
Figura 13. Método de Transmisión (Esquema) .....	171
Figura 14. Formación de ecos múltiples (esquema) .....	172
Figura 15. Ecos múltiples causados por el eco de fondo y un defecto (esquema) .....	173
Figura 16. Método de pulso eco (esquema) .....	174

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Registro fotográfico de actividades constructivas.....	188
Anexo B. Comparación soldadura automática y soldadura tradicional .....	192

## RESUMEN

### FASES Y ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS\*

Autor: Didier Augusto Vega Peña\*\*

Palabras Claves: Trazado, oleoductos, gasoductos, construcción, etapas, licencia, soldadura.

Para la construcción de un Gasoducto, oleoducto y cualquier línea de hidrocarburos debemos tener en cuenta las siguientes fases y/o etapas para poder construir un Proyecto:

Ingeniería básica, conceptual y de detalle

Estudio preliminar del posible trazado teniendo en cuenta factores como ambientales, sociales, climáticos, topografía del terreno, accidentes geográficos etc.

Análisis económico y comparativo para el cálculo futurista de recuperación de la inversión.

Localización y replanteo con su inventario forestal e hidrológico.

Cálculo para determinar tipo de tubería requerida, diámetro, espesor, composición química y tipo de revestimiento dependiendo el suelo por donde va a quedar el trazado.

Construcción del derecho de vía retirando la capa vegetal y evitando que se contamine con material proveniente de excavación.

Paralelamente se adquiere la tubería, se debe estar presente en el momento de fabricación para presenciar pruebas mecánicas, químicas y físicas que se debe realizar según Normas Internacionales.

Obras de geotecnia preliminar como trinchos, gaviones, alcantarillas etc. con el fin de realizar transporte, tendido y doblado de tubería.

Soldadura ya sea automática, manual, la que haya sido calificada previamente habiendo calificado el procedimiento de soldadura y calificación de soldadores.

Procedimiento de limpieza y sandblasting de tubería para posterior aplicación de revestimiento ya sea en el cuerpo de la tubería o en juntas de soldadura realizando pruebas de calidad correspondientes.

Actividad de zanjado a profundidad adecuada dependiendo del diámetro de la tubería utilizada y tipo de terreno.

Bajado y pretapado de tubería, luego limpieza interna y calibración de tubería, procedemos con pruebas hidrostáticas con agua y verificar la hermeticidad de tubería y sanidad de soldaduras.

Proceso de secado y conexión final de pozos, estaciones de recibo y despacho.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Especialización en Ingeniería del Gas, Director: Faustino Camargo.

## SUMMARY

### CONSTRUCTION STEPS AND STRATEGIES FOR TRANSPORTATION OF OIL\*

Author: Didier Augusto Vega Peña\*\*

Keywords: Drawing, pipelines, construction stages, license, welding

For the construction of a pipeline, pipeline and oil any line we must consider the following phases and / or steps to build a Project:

Basic engineering, conceptual and detailed.

Preliminary study of the possible route taking into account factors such as environmental, social, climate, topography, geographical features and so on.

Economic analysis and comparative futuristic calculating return on investment.

Location and setting out its forestry and hydrological inventory.

Calculation to determine required pipe type, diameter, thickness, chemical composition and type of coating depending on the soil where it will be the path.

Construction of right of way by removing the topsoil and avoiding contamination with material from excavation.

Parallel line is acquired; it must be present at the time of manufacture to witness mechanical testing, chemical and physical to be performed according to International Standards.

Preliminary geotechnical works as trinchos, gabions, sewers etc. in order to perform transport, laying and pipebending.

Welding either automatic, manual, which has been described previously having qualified welding procedure and qualification of welders.

Procedure for cleaning and sandblasting of pipe for subsequent application of coating either in the body of the pipe or by testing solder joints corresponding quality.

Latest resolved to appropriate depth depending on the diameter of the pipe used and terrain.

Downloaded and pretapado pipe, then internal cleaning and calibration of pipe, proceed with hydrostatic testing with water and check the tightness of pipe welding and health.

The process of drying and final connection of wells, receipt and delivery stations.

---

\*Project of degree

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Director: Faustino Camargo

## INTRODUCCIÓN

La presente Monografía, contempla los trabajos relacionados al proceso constructivo del transporte de hidrocarburos, mediante la descripción y explicación de las diferentes etapas y/o estrategias de construcción que se deben hacer en líneas de gasoductos y oleoductos.

En la actualidad en el país y sobre todo en las universidades y/o bibliotecas no existe un documento específico para los estudiantes y/o personas que estén interesadas en saber o identificar claramente qué etapas involucran la construcción de un gasoducto u oleoducto en el país.

El contenido se elaboró con base en el seguimiento del desarrollo de las actividades de obra en las que ha participado el autor en la industria del sector energético.

En el desarrollo de esta monografía se encontraran las Normas Técnicas aplicables a la construcción de gasoducto y oleoductos. De igual forma se exponen los procedimientos constructivos tales como: negociación de tierras y derecho de vía; localización y replanteo; apertura del derecho de vía; geotecnia preliminar; transporte y acopio de tubería; tendido de tubería; soldadura; calificación de soldadores y procedimiento de soldadura; apertura de zanja; revestimiento; protección catódica soldadura Cadweld; instalación de la tubería en zanja; tapado; inspecciones as-built: planos as built y dossier de registros de construcción; proceso de pruebas; precomissioning y puesta en servicio.

Finalmente se presentan las conclusiones básicas de los aspectos estudiados.

# 1. INFORMACIÓN GENERAL

## 1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

**1.1.1 Objetivo General.** Hacer una descripción de las etapas de construcción y/o estrategias en proyectos de gasoductos y oleoductos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos.

- ✓ Relacionar las Normas Técnicas aplicables
  - ✓ Desarrollar cada uno de los siguientes ítems:
    - Cómo se planea la construcción.
    - El proceso de negociación de tierras y derecho de vía.
    - Cómo es el proceso de preparación de la ruta: explicar que es la localización y replanteo.
    - Proceso de apertura del derecho de vía.
    - Que es geotecnia preliminar.
    - Proceso de transporte y acopio de tubería.
    - Proceso de tendido de tubería.
    - Proceso de soldadura:
      - Calificación de procedimientos y soldadores: que es un WPS, PQR, calificación de soldadores y procedimiento de soldadura.
      - Cuándo usar soldadura API ó ASME.
      - Que es un frente de línea regular.
      - Que es un frente especial.
    - Proceso de apertura de zanja:
    - Proceso de recubrimiento contra la corrosión: qué es un frente de revestimiento.
    - Qué es un frente de protección catódica.
- Proceso de soldadura en protección catódica soldadura CADWELD.

- Proceso de instalación de la tubería en zanja:  
Tapado.  
Cruces dirigidos.  
Limpieza final.
  
- Proceso de señalización.
  
- Inspecciones as-built: planos as built y dossier de registros de construcción.
  
- Proceso de pruebas.  
Seguridad y procedimientos.  
Criterios de aceptación.  
Pruebas de empalmes.  
Equipos de prueba.  
Documentos de prueba y registros.
  
- Precomissioning y puesta en servicio.  
Limpieza interna y corrida de calipper.  
Proceso de secado.  
Documentación de prueba y registros.
  
- Medio ambiente y disposición de agua.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad en el país y sobre todo en las universidades y/o bibliotecas no existe un documento específico para los estudiantes y/o personas que estén interesadas en saber o identificar claramente qué etapas involucran la construcción de un gasoducto u oleoducto en el país.

### **1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO**

La presente monografía tiene como alcance hacer una descripción y explicación de las diferentes etapas y/o estrategias de construcción que se deben hacer en líneas de gasoductos y oleoductos.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Suplir la falta de información específica de los estudiantes y personas en conocer las diferentes etapas de construcción y las estrategias que se utilizan en esta clase de proyecto para llevar el gas o petróleo desde el pozo al usuario final.

### **1.5 CÓDIGOS Y NORMAS APLICABLES AL PROYECTO**

En la actualidad es tal la cantidad de normas y códigos aplicables que se han publicado, que prácticamente cada servicio tiene su norma. Los códigos y normas informan sobre 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 entre otros.

El diseño, construcción y operación de un gasoducto admite riesgos por las características del flujo que este maneja. Por esta razón se han desarrollado códigos y estándares internacionales y nacionales a fin de minimizar los factores de riesgo.

Dentro de las asociaciones internaciones más importantes, mencionaremos las siguientes:

- **ISO:** Organización internacional para la estandarización. Facilita la coordinación y unificación internacional de normas internacionales cuyo propósito es promover el desarrollo de la estandarización y de las actividades mundiales

relacionadas, para facilitar el intercambio internacional de bienes, productos y servicios, y desarrollar cooperación en la actividad intelectual, científica, tecnológica y económica.

- **NFPA:** National FIRE Protection Association. El objetivo es reducir el peso mundial del fuego y otros riesgos en la calidad de vida. Busca prevenir catástrofes generadas por incendios y brinda con sus normas seguridad de vida.

- **AWS:** American Welding Society. Es una sociedad americana de soldadura con el objetivo de adelantar la ciencia, tecnología y aplicación de la soldadura y las disciplinas relacionadas.

- **AWWA:** American Water Works Association. Tiene como objetivo la mejora en la calidad del agua de consume y su suministro.

- **ANSI:** American National Standards Intitute. Administra y coordina la estandarización voluntaria Americana. Refuerza la competitividad de la industria americana y su calidad.

- **ASME:** American Society of Mechanical Engineers. Desarrolla normas aplicables a tuberías y desarrolla códigos y normas para la ingeniería, la industria, el público y el gobierno. Existen más de 600 normas publicadas por ASME dentro de las cuales se destacan:

ASME V 14.5 M – 1994. Dimensiones y tolerancias.

ASME B16.5-1996. Flanges y montaje de flanges en tuberías.

ASME B 31.4 – 1998. Sistemas de transporte por tuberías de hidrocarburos y otros líquidos.

ASME B31.8. Sistemas de transporte y distribución de Gas por tuberías.

- **API:** American Petroleum Institute. Cubre la producción de materiales y lubricantes y certificación para tanques de almacenamiento, recipientes de presión e inspectores de tubería. 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.
- **NACE:** National Association of Corrosion Engineers. Promueve el conocimiento público de la salud, seguridad, materiales 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.
- **ASTM:** American Society for Testing and Materials. Sociedad Americana de prueba de materiales. Desarrollo y publicación de estándares para materiales, productos, sistemas y servicios.
- **AGA:** American Gas Association. Normas internacionales para el diseño y construcción de procesos y operaciones para fluidos gaseosos.

Existen gran variedad de normas aplicables a diferentes ramas del diseño y construcción de gasoductos como son: ACI, AISI, CSA, DEP, IEEE, IP, ISA, MSS, SSPC etc. y rigen para Gasoducto, Tubería, Válvulas y Accesorios, Instalaciones Civiles, Instalaciones Eléctricas, Protección contra la Corrosión, Ruido, Instrumentación y Control, Comunicaciones y Seguridad. Además la instalación, su operación y mantenimiento deben cumplir con lo establecido por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia a través de decretos, manuales de operación, reglamentos de transporte, etc. Todas estas normas establecen estándares que

cubren la mayoría de las actividades que se encuentran clasificadas dentro de la industria y fuera de ella.

## 1.6 CALIDAD DEL GAS A TRANSPORTAR

Las propiedades del gas a transportar tienen gran importancia en el diseño de un gasoducto. Las propiedades del gas a condiciones determinadas de presión y temperatura son un aspecto importante del diseño al igual que su volumen, factor de súper compresibilidad, calor específico, coeficiente de Joule Thompson, coeficiente isentrópico, entalpía, entropía y viscosidad. Las condiciones de presión y temperatura influyen significativamente en las propiedades de un gas y su incremento o disminución varía la capacidad de transporte.

La calidad del gas se valora en la mayoría de los casos teniendo en cuenta los parámetros dictados por el Reglamento Único de Transporte RUT, los cuales se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones de calidad del gas natural según RUT

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL GAS NATURAL		
Poder Calorífico bruto mínimo, en MJ/m <sup>3</sup> (BTU/ft <sup>3</sup> )	35.4	950 (Nota 1)
Poder Calorífico bruto máximo, en MJ/m <sup>3</sup> (BTU/ft <sup>3</sup> )	42.8	1150
Contenido de Líquido (Nota 2)	Libre de Líquidos	
Contenido total de H <sub>2</sub> S máximo mgr/m <sup>3</sup> (granos/100ft <sup>3</sup> )	6	0.25
Contenido total de azufre máximo, mgr/m <sup>3</sup> (granos/100ft <sup>3</sup> )	23	1.0
Contenido de CO <sub>2</sub> máximo, %Vol.	2	2
Contenido de N <sub>2</sub> máximo, %Vol.	3	3
Contenido de inertes máximo, %Vol. (CO <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> ) (Nota 3)	5	5
Contenido de Oxígeno máximo, %Vol.	0.1	0.1
Contenido de agua máximo, mg / m <sup>3</sup> (lb / MMSCF)	97	6.0
Temperatura de entrada máxima, °C (°F)	49	120
Temperatura de entrada mínima, °C (°F)	7.2	45
Contenido máximo de polvos y material en suspensión, mg / m <sup>3</sup> (granos/1000 scf) (Nota 4)	1.6	0.7
Libre de Gomas	Sí	Sí

**Nota 1:** Todos los datos sobre metro cúbico o pie cúbico de gas están referidos a Condiciones Estándar.

**Nota 2:** Los líquidos pueden ser: hidrocarburos, agua y otros contaminantes en estado líquido.

**Nota 3:** Se considera como contenido de inertes la suma de los contenidos de CO<sub>2</sub>, nitrógeno y oxígeno.

**Nota 4:** El máximo tamaño de las partículas debe ser 15 micrones.

Salvo acuerdo entre las partes, el Productor-comercializador y el Remitente están en la obligación de entregar Gas Natural a la presión de operación del gasoducto en el Punto de Entrada hasta las 1.200 Psig, de acuerdo con los requerimientos del Transportador. El Agente que entrega el gas no será responsable por una disminución en la presión de entrega debido a un evento atribuible al Transportador o a otro Agente usuario del Sistema de Transporte correspondiente.

Si el Gas Natural entregado por el Agente no se ajusta a alguna de las especificaciones establecidas en este RUT, el Transportador podrá rehusar aceptar el gas en el Punto de Entrada.

Fuente: CREG

## 2. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Entre las actividades más importantes en los proyectos de construcción de facilidades para el transporte de hidrocarburos se cuentan las siguientes: movilización y desmovilización, localización y replanteo, transporte y tendido de tubería, apertura de zanja, rebiselamiento de tubería, alineación y soldadura, limpieza de la tubería, recubrimiento de la tubería, instalación bajado y tapado de la tubería, empalmes especiales, instalación de facilidades, cruces especiales, pruebas, geotecnia preliminar y definitiva, entre otras. En este numeral se presenta un modelo de las especificaciones técnicas más comunes de la industria, las cuales han sido resultado de la ingeniería colombiana en el desarrollo de proyectos similares. Los parámetros analizados y planteados en estas especificaciones son sugeridas y dependen del tipo de proyecto y sus características las cuales las pueden ser objeto de cualquier modificación y pueden aplicar proporcionalmente al diámetro de la tubería a instalar.

### 2.1 ACTIVIDADES PREVIAS A LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

**2.1.1 Punto de Conexión y Punto de Transferencia.** Advierte la definición exacta y, en la medida de lo posible, la localización georeferenciada, determinando el lugar de conexión a la fuente de abastecimiento o a un gasoducto determinado si es el caso. Para el efecto la ingeniería básica debe contemplar las facilidades necesarias para la correcta operación en el punto de inicio y el punto final.

**2.1.2 Análisis de la Topografía del Área de Influencia.** Análisis detallado de la topografía con el objeto de plantear el trazado del gasoducto teniendo en cuenta todos aquellos aspectos que puedan intervenir en las facilidades de construcción, como son accesos, fuentes de agua, tipografía, fauna, flora, infraestructuras existentes etc.

**2.1.3 Aspectos Ambientales.** Estos aspectos se consideran con consultas previas a corporaciones autónomas regionales y el ministerio de medio ambiente en lo referente a:

- Normas de cumplimiento: Legislación ambiental, Guías de manejo ambiental, Coordinación y auditorias, recomendaciones geotécnicas, volcánicas y sísmicas. Guías de protección ambiental
- Guías para el control de erosión: Tipos de erosión, riesgos, protección de erosión.
- Guía para proteger calidad del agua: análisis de calidad del agua, medidas de impacto y mitigación.
- Protección arqueológica: Recursos históricos, estudios arqueológicos, regulaciones.
- Métodos protección ambiental: Reparación del Derecho de Vía, anchos del DV, procedimientos de construcción de obras de protección geotécnica.

**2.1.3.1 Licenciamiento Ambiental.** Se considerada una etapa de mucha importancia para el proyecto y es una gestión que compete al propietario de la obra y cumplimiento por parte del constructor. Deberá ir acompañada de todos aquellos documentos de tipo social, ambiental y busca aminorar todos los impactos ambientales que el proyecto genere. También debe ir acompañada también del Plan de Manejo Ambiental PMA, Plan de Contingencia, Plan de Socialización, Plan de Divulgación y todos aquellos planes que exija la entidad rectora.

La evaluación ambiental de un ruteo es parte integral del diseño y construcción, por lo que se exige asegurar una planeación efectiva. Inicialmente se determina el trazado, los recursos existentes y se fijan los impactos potenciales. Entre los recursos se tienen. Vida animal y vegetal, bosques, parques naturales, lugares arqueológicos, áreas pobladas etc.

El derecho de vía, indicado como la superficie a ambos costados del trazado, debe ser avaluado teniendo en cuenta la 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 y especificaciones de construcción.

Previo al desarrollo de las distintas etapas que componen un proyecto de construcción y operación de un gasoducto, se debe realizar una serie de estudios ambientales que parten del conocimiento de las áreas a ser afectadas y sus características desde los puntos de vista físicos, bióticos y socio-económicos. Este estudio previo, permite determinar cuáles son los impactos potenciales que pueden presentarse en el ecosistema, así como seleccionar los métodos constructivos y de manejo más convenientes a aplicar, para atenuar los impactos negativos.

Desarrollando lo señalado, a continuación se presentan las distintas etapas que abarcan la fase de construcción de un gasoducto, se describe en qué consisten y se realizan las consideraciones ambientales a tener en cuenta en cada una de ellas.

- Programa de Construcción: es importante contar con un buen programa para determinar con precisión los tiempos convenientes para cada etapa (cronograma), pues se deben minimizar los plazos en tareas sensibles como por ejemplo zanjas abiertas, tendido previo de la tubería, etc., se debe tratar de

no interferir con otras actividades y prever los tiempos más propicios respecto al clima. Esta planificación permite contar con los recursos (humanos, de equipos, materiales, contratos, etc.) en tiempo y forma, lo que asegura continuidad, evitando tiempos muertos que pueden constituir una perturbación adicional.

- Relevamiento Topográfico: en esta actividad, se deberá tener un conocimiento pleno de la sensibilidad del área al trazar, del derecho de tendido de ductos y determinar la forma de salvar las pendientes pronunciadas sin perder la calidad del suelo, que permita la reforestación de la zona, evitando futuras erosiones. También se debe eludir las zonas de inestabilidad geológica o con afloramiento rocosos importantes, entre otros.

- Despeje: el proceso de despeje de la servidumbre de tendido de ductos depende del tipo de suelo, de la topografía, del uso del terreno, tipo de vegetación, máquinas a utilizar, etc. Esta tarea es la primera agresión real al medio y una de las que causa mayor perturbación de la superficie. La tarea comprende, entre otros pasos los siguientes:

- I. Remoción de la capa vegetal, lo que puede producir problemas de erosión de la superficie, especialmente en pendientes pronunciadas. En aquellos casos en que no sea necesario el retiro de la capa vegetal se deberá trabajar sobre ella ya que mejora la futura reforestación.

- II. Cambios topográficos que pueden variar los escurrimientos superficiales del terreno.

- III. Talado de árboles. Este es un aspecto importante al atravesar una zona boscosa ya que se deberá tener un respeto especial por los ejemplares de gran tamaño o aquellos cuya especie se encuentre en peligro de extinción. Este recurso deberá manejarse con criterio conservacionista y comercial a la vez, por

lo que se deberá efectuar cortes en largos normalizados y obtener un aprovechamiento económico de los mismos, así como disponer correctamente los despuntes, que pueden ser aprovechados como colchón sobre pendientes con falta de vegetación, etc.

- Nivelación: la nivelación del terreno permite proveer un área de trabajo lisa y pareja con cambios de dirección suaves, que eviten doblar las cañerías más allá de sus especificaciones. Para lograr estas características del terreno es necesario desbistar áreas y rellenar otras para obtener un nivel uniforme en la tubería. Esta labor requiere el retiro del suelo superficial (orgánico) el cual si no es tratado adecuadamente (sin mezclar con áridos) la pérdida de fertilidad en el área es significativa, disminuyendo la posibilidad de reforestación del suelo. También se modifica la geometría superficial del terreno variando su escurrimiento natural. De lo señalado, se desprende que si no se efectúa un estudio minucioso del suelo en toda la trayectoria del tendido, la agresión al medio puede aumentar significativamente.
- Manejo de Tuberías: el impacto en el manejo de las tuberías es significativamente menor que los señalados en las etapas anteriores, no obstante se debe minimizar la compactación del terreno por parte de los equipos mecánicos utilizados. Se debe tener la precaución de dejar espacios entre los caños fuera de la zanja (desfile) para permitir el pasaje de los animales, personas, etc. Todo lo señalado, requiere un mínimo de estudio y cuidados en la tarea, sobre todo en los tiempos reales de tendido, ya que los caños no deben trasladarse mucho tiempo antes que se coloquen dentro de la zanja.
- Relleno: la operación de relleno comprende la reposición del suelo excavado (o el material seleccionado) en la zanja, sobre la cañería. Esta tarea es compleja ya que en ella se conjugan una serie de pasos como por ejemplo:

Aprovechamiento de los distintos tipos de suelos extraídos, facilitando la reforestación, para lo cual se deberá colocar como última capa de relleno, la superficial con alto contenido de materia orgánica, escarificar su superficie y, en ciertos casos, sembrar con semillas apropiadas. Compactación del material y colocación en forma cóncava del relleno para su posterior asentamiento. Construcción de zanjas con subdrenajes para impedir la filtración de agua sobre la cañería y no modificar el escurrimiento natural del terreno. Construcción de bermas para dirigir la esorrentía sobre la zanja. En áreas agrícolas, asegurar un mínimo de 0,30 m. de profundidad de arado, libre de rocas y otros elementos contundentes.

- Ensayos: existen distintos tipos de ensayos, para probar la estanqueidad y limpieza. Entre otros, señalamos que la línea puede probarse desplazando un taco de limpieza propulsado por aire comprimido por su interior que permite el barrido de sólidos y constatar posibles obstrucciones. La estanqueidad es probada mediante la presurización por un período de tiempo determinado y por encima de la presión de trabajo, los medios generalmente usados son agua, aire, etc. Por último la línea es secada mediante una mezcla de metanol antes de ponerla en servicio. Este producto (metanol) debe ser recuperado en su totalidad por ser una sustancia tóxica. En esta etapa, si las tareas son manejadas correctamente, el impacto puede ser mínimo, salvo cuando se detectan fallas, pues en dichos puntos se vuelve a los problemas de la etapa de construcción. No obstante la baja incidencia de impactos, estos pueden ser de importancia en caso de no utilizar el procedimiento más seguro según la zona de trabajo presión hidrostática o con aire comprimido). Otro aspecto a tener en cuenta es la carga y descarga del agua durante la prueba cuando es tomada y devuelta a cursos de agua. En ese caso se deberá controlar la erosión ante la fuerza de descarga para lo cual deben diseñarse amortiguadores de energía del fluido y tener en cuenta que el máximo caudal que puede ser extraído del curso de agua es el 10 % del mismo, etc.

- **Limpieza:** normalmente es la etapa final del proceso de construcción. En este paso, se deben retirar todos los elementos sobrantes en la servidumbre de tendido de tubos (escombros, desechos metálicos, estructuras auxiliares, etc.). También es responsabilidad en el momento de la limpieza la reforestación de la zona afectada, prestando mayor atención en pendientes y terrenos fácilmente erosionables. Se debe además reconstituir en lo posible la topografía y paisaje de la zona de trabajo a fin de no variar el escurrimiento natural del terreno (reponer relleno de zanja en caso de asentamiento excesivo o retirar el material sobrante que produce un efecto de corona).

**2.1.4 Aspectos Hidrológicos.** Se refiere a las condiciones a las cuales puede estar sometida la tubería como fuerzas de flotabilidad en cruces de causes o zonas pantanosas.

**2.1.5 Aspectos Económicos.** En estos aspectos se consideran y definen los parámetros de diseño y construcción del gasoducto determinando la mejor alternativa de diseño y ofreciendo los mejores beneficios y ventajas como son el diámetro, espesor de tubería, material de la tubería, requerimientos en cuanto a las facilidades de la nueva instalación y costos de transporte.

**2.1.6 Aspectos Operacionales.** Durante la primera etapa del proyecto “Etapa de Diseño” se establecen reglas y condiciones mediante las cuales se operará el sistema y así mismo se prevén facilidades para la seguridad del sistema, de tal manera que se puedan prevenir fallas.

**2.1.7 Aspectos de Orden Público.** En Colombia está presente este factor que afecta directamente los procesos de construcción y operación de las redes de transporte. La situación actual del país hace vulnerable cualquier sistema de Transporte ante la presencia de grupos al margen de la ley y atentados

terroristas. Sin embargo, una buena evaluación del territorio nacional puede permitir el planteamiento de diferentes trazados que pueden hacer menos vulnerable el sistema.

**2.1.8 Tierras.** En la construcción de gasoductos esta labor es fundamental. El propietario del proyecto realiza una labor de servidumbre varios meses antes de iniciarse la construcción, solicitándole a cada uno de los propietarios de predios el permiso para el paso de la línea por sus terrenos y establece una servidumbre mediante escritura pública.

Igualmente se realiza un inventario de los daños que se causarán para indemnizar al propietario del predio. El dueño de la obra pagará los daños causados en el ancho establecido para el derecho de vía. Generalmente, los daños ocasionados fuera de este derecho de vía son responsabilidad del constructor de la obra.

Estas servidumbres se pueden clasificar así:

- Servidumbre de ocupación permanente: Para la construcción de facilidades como casetas, centros operacionales, estaciones etc.
- Servidumbres de ocupación temporal: Para enterrar el tubo y tránsito de los equipos de construcción y tránsito durante la operación y mantenimiento del gasoducto.

Al final de la construcción el propietario de la obra normalmente exige al contratista los respectivos Paz y Salvos de cada uno de los propietarios de los predios al finalizar las obras de construcción, y garantiza su entrega reteniendo el 10% del valor del contrato. Esta, a pesar de ser una medida razonable, se presta para muchos abusos conocidos como “Ley del tubo”. Por tal razón el contratista encargado de la construcción debe tener un negociador de tierras

que normalmente es un abogado, el cual se encarga de hablar con cada uno de los propietarios y solicitar los permisos de obra.

El abogado encargado de tierras debe iniciar las labores varios meses antes de iniciar la construcción, debido a que alguna suspensión de las obras por falta de negociación puede costar mucho dinero, además del incumplimiento al programa de construcción.

La labor de tierras puede representar para el propietario un buen porcentaje del valor del proyecto y no debe descuidarse. A título de ejemplo se puede decir que las negociaciones de tierras representan entre un 3% y un 7% del valor del proyecto.

**2.1.9 Análisis de Suelos (Estratigrafía).** Con el objeto de determinar la estratigrafía del suelo por donde se ha planteado la ruta inicial del proyecto, el propietario de proyecto debe conocer la clasificación del suelo para proyectar sus recursos durante la construcción. Los estudios estratigráficos evidencian las diferentes capas del subsuelo y su condición, proyectando los recursos económicos necesarios al igual que los equipos necesarios para la construcción. A manera de ejemplo, estos estudios muestran la presencia de areniscas, rocas, arcillas etc. los cuales dificultan la construcción. Estas características indican al propietario que se debe prever en el presupuesto de construcción algunos ítems como apertura de zanjas en terrenos rocosos y otros.

**2.1.10 Clasificación de Áreas. Clase de Localización.** De acuerdo a las alternativas del trazado se evaluara la clasificación de las zonas, tal como se definen en ASME B31.8 sección 840.2. Según sea la clase, se tiene un factor "F" que interviene en la determinación del espesor de la tubería, los cuales se indican en la tabla 2.1.

Tabla 2. Factores de diseño básico según la clase de localidad

Clase de Localidad	Densidad de Edificios por Milla	Factor de Diseño "F"
1	1-10	0,72
2	10-46	0,60
3	Más de 46	0,50
4	Áreas populares	0,4

Fuente: Ansi-Asme-31.3-31.4

**2.1.11 Aspectos Geomorfológicos del Suelo.** Los aspectos geomorfológicos del suelo advierten del estudio de las formas del relieve terrestre, el estudio de las formas de la superficie de la tierra y su desarrollo geomorfológico. La meteorización, erosión y el transporte forman la superficie terrestre como nosotros conocemos. Por las fuerzas de agua viento y hielo se forman cerros, valles o llanuras. Principalmente los sectores más altos sufren más erosión.

Los factores más importantes de una construcción las cuales deben ser motivo de estudio son: Factores climáticos, tipo de roca, desgaste estructural y fallas geológicas.

**2.1.12 Aspectos Generales Sobre Otras Instalaciones Existentes.** En el trazado de la ruta, se deben considerar la presencia de redes Eléctricas, hidráulicas, hidrocarburos. Otros, lo que podría dificultar el proceso de construcción y además podría afectar la tubería a lo largo del tiempo. En lo posible se deben evitar este tipo de eventos y de no ser posible se deben tomar todas las medidas para evitar que estas redes afectan el buen funcionamiento del sistema.

## **2.2 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN**

Esta especificación es muy subjetiva y especial para cada proyecto a realizar y se refiere básicamente a la movilización y desmovilización del personal especializado y de los equipos que intervienen en el proyecto.

## **2.3 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO**

Este ítem representa la ejecución de las operaciones iniciales y permanentes de localización y replanteo de las obras que se ejecuten en cada actividad, al control planimétrico y altimétrico de las mismas, y las señalizaciones provisionales, esta actividad deberá ejecutarse previamente al avance del frente de apertura del Derecho de Vía con base en las coordenadas y cotas indicadas en los planos las cuales deberán ligarse a la Red Geodésica Nacional. Este replanteo se hará con la aprobación de la INTERVENTORÍA, buscando optimizar los alineamientos del trazado, así como las zonas más convenientes y más estables.

**2.3.1. Ejecución de los Trabajos.** El CONTRATISTA deberá proveer estacas, mojones, pinturas, puntillas, cintas, etc., utilizando materiales de muy buena calidad. El CONTRATISTA también deberá suministrar el equipo de topografía tipo Estación Total y el transporte necesario para desplazar al grupo de topografía con sus materiales y equipos a los diferentes frentes de trabajo donde se requieran.

En las obras de replanteo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Las labores de topografía y otras que surjan durante el desarrollo de la obra deberán ser ejecutadas por personal técnico calificado, con equipo de precisión.

- La localización se hará teniendo en cuenta los planos de localización general de la obra, utilizando sistemas de precisión que permitan fijar adecuadamente los puntos topográficos auxiliares.
- El replanteo se hará basándose en los planos de construcción y carteras topográficas de la obra, referenciando los ejes en el modo adecuado para garantizar la fijación y estabilidad de las marcas.
- El control planimétrico y altimétrico se hará permanentemente con base en mojones fijados con máxima precisión.
- De los trabajos de Localización, Replanteo y Control Topográfico se deberá llevar las respectivas carteras de campo, las cuales serán entregadas al contratante en medio magnético al concluir la obra, junto con el levantamiento topográfico final.
- EL CONTRATISTA deberá solicitar con un mínimo de (24) horas de anticipación, a la ejecución de la actividad que así lo requiera, la revisión y aprobación de los ejes y/o niveles por parte de LA INTERVENTORÍA (si la hay).

**2.3.2 Señalización Temporal.** De ser necesario, esta especificación reglamenta la señalización que debe realizar el CONTRATISTA, en todo momento en las diferentes áreas de trabajo a fin de garantizar la seguridad de sus trabajadores y de terceros.

Cuando se desarrollen obras o actividades cerca o sobre carreteras, líneas ferroviarias, caminos y/o construcción a borde de carreteras, EL CONTRATISTA deberá mantener día y noche señales adecuadas para proteger la integridad de las personas de cualquier accidente y prevenir a los

conductores de la obstrucción existente. En particular debe informar de la ubicación de vías de acceso a la obra para no interferir con el tráfico continuo de vehículos por vías principales.

Diversos tipos de señales serán instaladas antes del comienzo de las operaciones de construcción en el área indicada. El diseño y aplicación de señales será normalizado por la entidad afectada.

De ser necesarias, las señales provisionales deben cumplir con las siguientes condiciones para su correcta aplicación:

- Deben ser visibles en diferentes condiciones de iluminación (día, noche, nublado, etc.).
- Las señales deben permanecer en un lugar adecuado durante el periodo de utilización, y deben ser remplazadas o retocadas si es el caso.
- Especificaciones de diseño para señales preventivas:
  - ✓ *Forma:* Cuadradas. Se colocará con una diagonal en sentido vertical.
  - ✓ *Dimensión Mínima:* Lado del cuadrado noventa (90) centímetros.
  - ✓ *Color:* Fondo anaranjado y orla negra.
- Especificaciones de diseño para señales reglamentarias:
  - ✓ *Forma:* Circular
  - ✓ *Dimensión Mínima:* Diámetro del círculo noventa (90) centímetros
  - ✓ *Color:* Fondo Blanco, símbolo y orla negra, trazado oblicuo rojo.
  - ✓ *Señal de Prohibición:* deben tener un trazo oblicuo descendente a cuarenta y cinco grados (45°) con la horizontal de izquierda a derecha, desde el punto de vista del usuario.

- Especificaciones de diseño para señales informativas:
  - ✓ *Forma: Rectangular.* Se hará con la mayor dimensión en posición horizontal
  - ✓ *Dimensión Mínima:* Las dimensiones del rectángulo varían de acuerdo con el mensaje. El lado será mínimo de cincuenta (50) centímetros. Las señales informativas indicarán además entradas y salidas de equipos pesados y su ubicación debe ser escogida en forma tal que sea fácilmente visible y no interfiera el tránsito continuo de los vehículos, ni la visibilidad, ya por ubicación o por las demoras ocasionadas por su lectura.
  
- Especificaciones de las Barricadas: Serán formadas por bandas o listones horizontales de longitud no superiores a tres (3) metros y ancho de treinta (30) centímetros separados por espacios iguales a sus anchos. La altura de cada barricada debe tener un mínimo de uno y medio (1.5) metros. Las bandas horizontales se pintarán con franjas alternadas negras y anaranjadas reflectivas que formen un ángulo con la vertical de cuarenta y cinco grados (45°).
  
- Canecas: Las canecas deberán pintarse con franjas alternadas negras y anaranjadas de veinte (20) centímetros de ancho, la altura de las canecas no será inferior a ochenta (80) centímetros.
  
- Conos de delineación y delineadores luminosos: Se deben utilizar señales intermedias con una altura mínima de cuarenta y cinco (45) centímetros. Se emplearán para delinear los sitios temporales de construcción, cuando el flujo de tránsito ha de ser temporalmente desviado de su ruta. Se podrán utilizar señales intermitentes que demarquen la calzada de tránsito por medio de focos luminosos distanciados no más de diez (10) metros.

**2.3.3 Condiciones para el Recibo de los Trabajos.** El propietario o la INTERVENTORÍA durante todo el tiempo de construcción dará el visto bueno a todas las actividades de localización y replanteo incluyendo principalmente las siguientes:

- Mediciones referenciadas con postes preliminares de abscisado, los cuales deberán quedar ubicados cada Kilómetro Lineal y con referencias intermedias cada 100 metros. Este abscisado se utilizará para el control de avance de la obra y el CONTRATISTA deberá conservarlo durante todo el tiempo de construcción.
- EL CONTRATISTA presentará para aprobación todas las carteras de campo que servirán como soporte a los diseños que deberá realizar antes de la construcción de las obras especiales como cruces de vías y cruces subfluviales.

## **2.4 APERTURA DE DERECHO DE VÍA**

**2.4.1 Requerimientos Generales.** Los trabajos se desarrollarán siguiendo estrictamente las Normas de Seguridad Industrial y el Plan de Manejo Ambiental así como también las Especificaciones Técnicas del CONTRATANTE con el fin de asegurar la protección de los trabajadores y el Medio Ambiente.

Para un desarrollo armónico de la obra se deberá seguir el programa de obra ofrecido.

CONTRATANTE o su representante autorizado inspeccionarán los trabajos de construcción del proyecto.

CONTRATANTE entregará el área destinada como derecho de vía a CONTRATISTA. En caso que se llegarán a presentar problemas con los propietarios de los predios y/o comunidad, CONTRATISTA deberá comunicar

inmediatamente a la INTERVENTORÍA o al representante de CONTRATANTE con el fin que éste se encargue de la solución de éstos problemas.

**2.4.2 Requerimientos de Construcción.** Para construir el derecho de vía, CONTRATISTA aplicará el siguiente orden de actividades:

**2.4.2.1 Delimitación del Derecho de Vía.** Se dispondrá de áreas adicionales llamadas zonas de disposición temporal de material del corte. El responsable o superior del derecho de vía y geotecnia preliminar realizará un recorrido al corredor del derecho de vía previo al ingreso de maquinaria, para informarse de todas las eventualidades que podrá encontrarse en el ejercicio del movimiento de tierras. Esto incluirá, sin limitarse a ello, cruces con oleoductos y alcantarillados enterrados, acueductos veredales, tuberías aéreas, líneas eléctricas, cauces de agua, canales, configuración topográfica, entre otros.

Con anterioridad, el equipo de topografía ha delimitado el eje de la línea, su ancho, el abscisado con carteles cada 100 m y ha indagado sobre posibles tubos o cables enterrados y los ha identificado con cintas.

Se desalojarán árboles, árboles, arbustos y troncos que puedan entorpecer las labores de construcción con las máquinas en zonas de bosques dentro del límite de los 6 m. Los árboles serán talados de manera que caigan en dirección al eje del derecho de vía y no se disturbe la zona boscosa aledaña (uso de motosierras).

### **2.4.3 Obras de Protección Geotécnica**

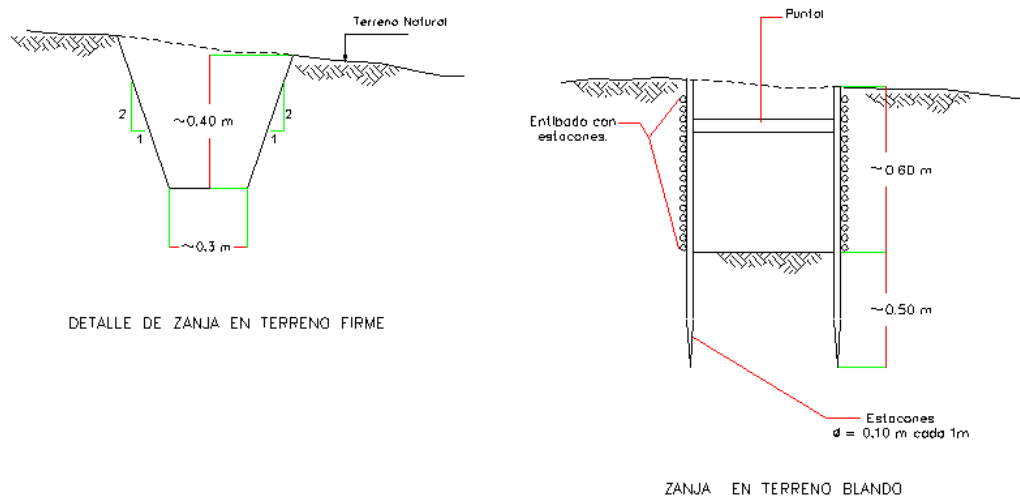
**2.4.3.1 Manejo de Corrientes Menores y Escorrentías.** Cuando el derecho de vía cruce drenajes naturales cuya pendiente sea mayor del 3% o se produzca arrastre de material, o cruce de canales o cauces cuyo flujo no se pueda interrumpir, este deberá protegerse utilizando trinchos o vertederos hechos con troncos, ramas, piedras, sacos de suelo-cemento, etc.

En la parte superior de los cortes, donde se requiera drenaje interceptor y en las zonas pantanosas que deben ser desecadas para facilitar la operación de las maquinarias, EL CONTRATISTA deberá construir zanjas de coronación, cunetas o desagües cuyas dimensiones y demás características mínimas cumplan con lo estipulado en los diseños aprobados para construcción por EL CONSTRUCTOR. Ver Figura 2.1.

Las aguas captadas o recolectadas en las zanjas de coronación y demás estructuras de drenaje provenientes de los taludes deberán ser conducidas por medio de descoles hasta entregarlas en forma controlada en los cauces naturales vecinos o en los sitios previamente aprobados por EL CONSTRUCTOR. Estas estructuras podrán ser construidas utilizando sacos de suelo-cemento, piedra pegada o concreto, de acuerdo con los diseños y los procedimientos constructivos presentados por EL CONSTRUCTOR y aprobados por EL CONTRATANTE.

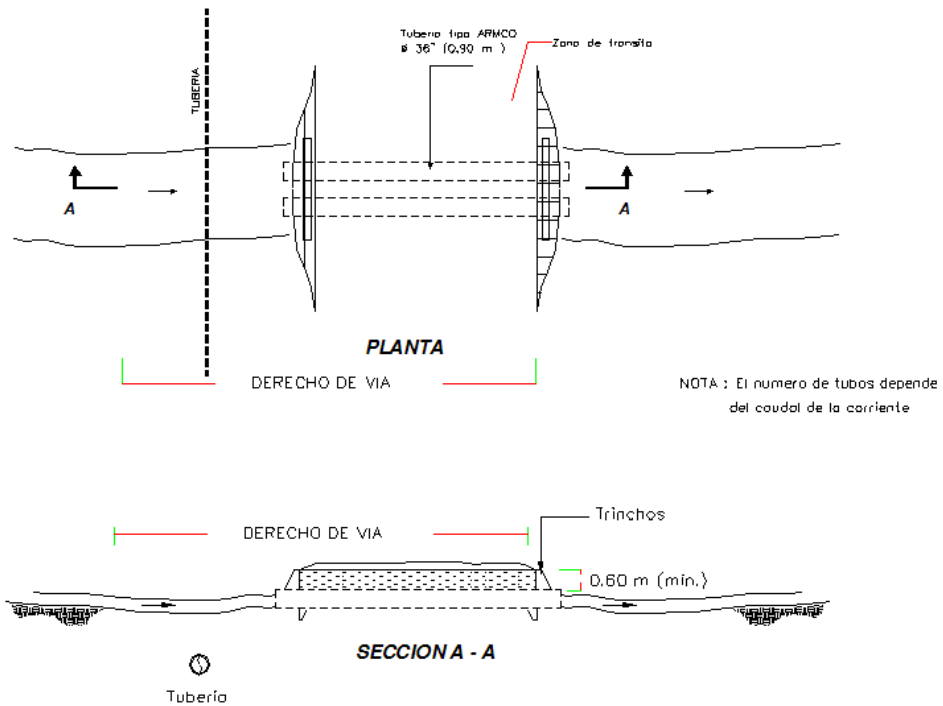
EL CONSTRUCTOR instalará por su cuenta en todos los canales naturales, canales que integren distritos de riego, quebradas, box colverts o caños que vaya a intervenir, por el efecto del movimiento de equipos y materiales, estructuras provisionales como: alcantarillas, cunetas, etc., de manera que permitan el paso de la corriente a través del cruce, sin obstruir en ningún momento o totalmente los drenajes o el paso de las aguas a los predios cuando se afecten zonas cercanas a canales de riego; la no-colocación de éstas se considera incumplimiento de EL CONSTRUCTOR y los daños que se causen serán totalmente de cuenta suya. Estas estructuras se retirarán una vez realizadas las obras y se restaurará el cauce afectado a su condición normal, salvo petición por escrito del propietario del predio para dejar permanentemente allí la alcantarilla. Ver Figura 1.

Figura 1. Detalle de zanjas de coronación o de desagüe.



Fuente: P&P SAS

Figura 2. Manejo de corrientes que cruzan el derecho de vía.



Fuente: P&P SAS

**2.4.3.2 Estructuras de Contención de Tierras.** Las estructuras de contención son estructuras sencillas que se instalarán paralelas al derecho de vía antes de su conformación con el fin de contener el material removido proveniente de la excavación. EL CONSTRUCTOR podrá hacer uso de estructuras de contención conformadas por trinchos o cualquier otro tipo de obra de geotecnia que garantice la estabilidad del derecho de vía durante la fase de construcción del proyecto.

EL CONSTRUCTOR podrá acogerse a las especificaciones, dimensiones y secciones indicadas en el numeral 3.4.3.2.1., para la construcción de los trinchos y demás obras que serán utilizadas como estructuras de contención del material proveniente de la excavación o podrá plantear los diseños que considere convenientes siempre y cuando estas obras garanticen la estabilidad del derecho de vía durante toda la fase de construcción del proyecto.

Las estructuras de contención se construirán con el fin de dotar al terreno de los elementos que le permitan mantener las condiciones geotécnicas o ambientales de las zonas afectadas dentro del derecho de vía durante la fase constructiva y de esta manera facilitar las labores de instalación de la tubería.

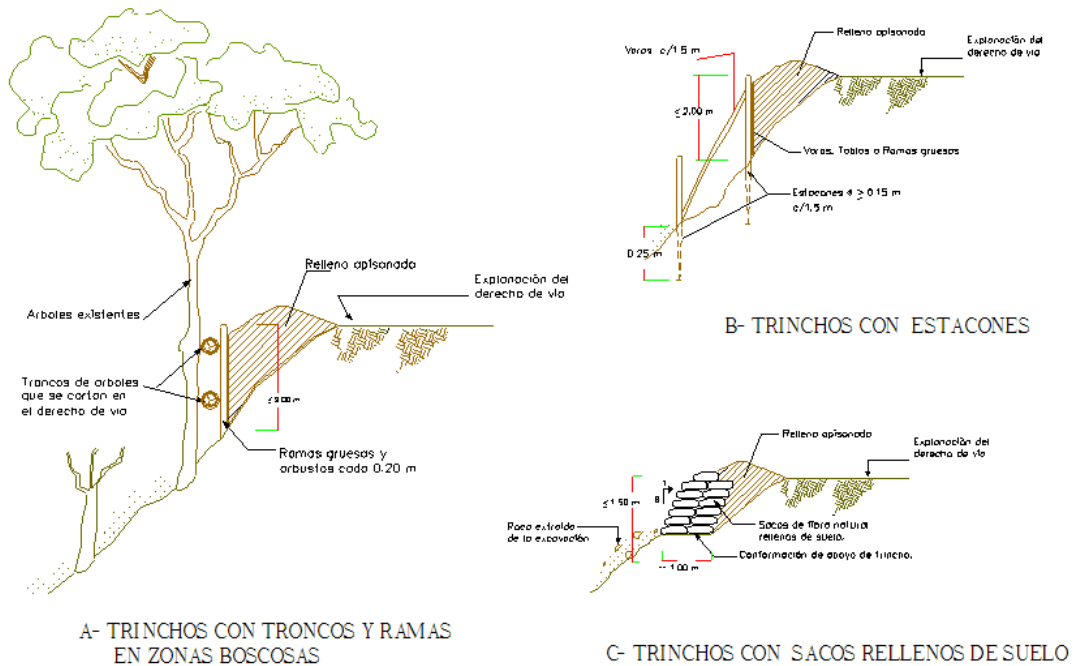
EL CONSTRUCTOR deberá evaluar, aplicar y/o adaptar las especificaciones señaladas en este documento a las estructuras de contención que ejecute, en las cantidades y del tipo requeridas para garantizar la estabilidad del derecho de vía, teniendo en cuenta la configuración del terreno en las zonas de construcción del Gasoducto donde se efectuarán los trabajos.

EL CONSTRUCTOR podrá emplear los siguientes tipos de trinchos laterales como estructuras de contención, dependiendo de las condiciones del terreno y del tipo de cobertura vegetal que presente el derecho de vía del Gasoducto a construirse:

- Si existen bosques, se deberá reducir la deforestación y excavación al mínimo necesario para la conformación del derecho de vía. Para contener los materiales producto de la excavación deberán construirse trinchos con troncos y ramas, apoyados en los árboles existentes, de acuerdo con lo indicado en la Figura 3.
- Si existen pastos y cultivos, los materiales sobrantes producto de la excavación deberán contenerse mediante el uso de trinchos elaborados con sacos de fibra natural rellenos de suelo del sitio o con un entramado de estacones y varas o tabla. Ver Figura 3.
- Cuando se requiera contener un volumen importante de tierra o cuando por la geometría del terreno se requiera un elemento de más de 3 a 4 m de altura, se podrán construir muros en gaviones o cualquier otro tipo de estructura de contención que garantice la estabilidad del material retenido.

Para todos los tipos de cercas que sean necesarios cortar deberán instalarse previamente broches, los cuales deberán permanecer cerrados cuando no estén en uso. Estas puertas deberán ser construidas con una calidad por lo menos igual o superior a la de la cerca destruida y deberán garantizar la seguridad de ganados y sementeras de los propietarios de los predios afectados. No se permitirá dejar material de desecho pegado a las cercas ni afectar la ubicación exacta de estas en los casos en que sea necesario cortarlas. Para las cercas que disponen de sistemas de seguridad con corriente eléctrica EL CONSTRUCTOR deberá garantizar que una vez culminadas las labores diarias en el frente de trabajo se deberán restituir las condiciones de seguridad con corriente eléctrica para dichos sistemas.

Figura 3. Tipos de trinchos



Fuente: P&P SAS

**2.4.3.2.1 Trinchos.** Esta especificación se refiere a los trabajos que se realizarían en los sitios que por características del terreno sea necesario instalar trinchos laterales que ayuden a la contención de materiales y protección de taludes en el derecho de vía.

Los trinchos laterales son estructuras sencillas paralelas al derecho de vía y que sirven para contener el material removido proveniente de la excavación.

El tipo de trinchado depende de las condiciones del terreno y del tipo de cobertura vegetal, así:

- Por un cercado de estacas de seis (6) a quince (15) centímetros de diámetro y longitudes de 0.7-1.5 metros, hincadas a distancias de 0.3 a 0.5 metros, y entretejidas con ramas o juncos de modo que formen un enrejado (Ver Figura

4). Los enramados tendrán una altura de 0.3 a 0.6 metros y han de hincarse por lo menos 0.25 metros en el suelo. Tanto las estacas como las ramas o juncos han de amarrarse. No se aceptará la construcción de trinchos menores de 0.70 metros de longitud.

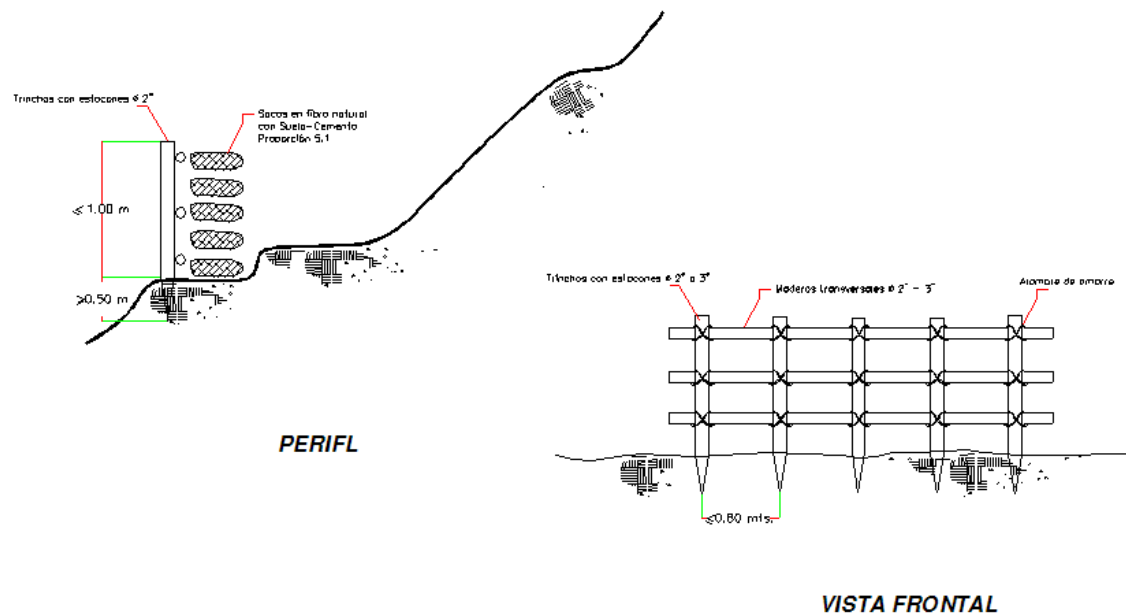
- Por troncos y ramas en zonas boscosas de tal manera que cumplan con las Especificaciones anteriores.
- Este tipo de trinchos pueden emplearse en zonas donde existan bosques, con el fin de reducir la deforestación, ya que para la construcción de los trinchos pueden utilizarse troncos y ramas, apoyados en los árboles existentes (Ver Figura 2.4).
- Por sacos de fibra natural rellenos de suelo (Ver Figura 2.4). Los sacos de fibra natural rellenos con suelo, suelo-cemento o concreto suministrados para la conformación de los trinchos deberán cumplir con los requisitos indicados en el numeral 3.4.3.2.3.
- Este tipo de trinchos pueden emplearse en zonas donde existan pastos y cultivos, para la construcción de estos tipos de trinchos pueden utilizarse entramados de estacones y varas o tablas. (Ver Figura 2.4).
- Por estacones que están conformados por un muro levantado con maderos de altura libre (sobre la superficie) no mayor de un (1.0) metro y diámetro entre 2" y 3", reforzados en la parte delantera por travesaños horizontales de las mismas características. Los maderos verticales deberán enterrarse firmemente a una profundidad no menor a 0.5 metros. (Ver Figura 2.5).
- Los estacones son estructuras que se emplean para contener rellenos o sostener barreras en sacos de suelo-cemento en aquellos sitios en donde se

requiera realizar tratamiento de cárcavas, protección de márgenes socavadas o contención de rellenos.

- Los trinchos con estacones serán construidos de acuerdo con el alineamiento, perfiles y secciones que se indiquen en los diseños presentados por EL CONSTRUCTOR.

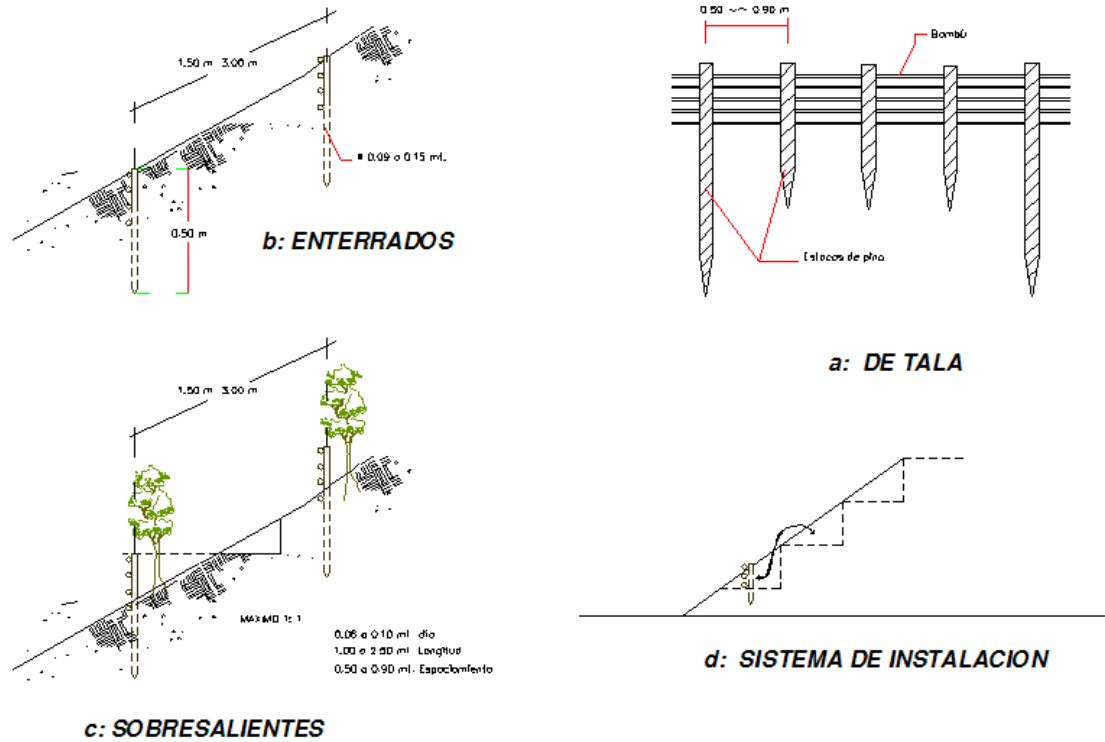
Cuando se requiera contener un volumen importante de tierra o cuando por la geometría del terreno se requiera un elemento de más de 2.0 metros de altura y hasta 4 m de altura, EL CONSTRUCTOR deberá construir las obras de protección geotécnicas que estime conveniente y que garanticen la estabilidad del derecho de vía durante el proceso constructivo del proyecto.

Figura 4. Detalle de trinchos con estacones



Fuente: P&P SAS

Figura 5. Detalle de trinchos.



Fuente: P&P SAS

**2.4.3.2.2 Gaviones.** Esta especificación comprende los trabajos necesarios para la construcción de estructuras en gaviones que se emplearán en la contención de materiales provenientes de las excavaciones durante la fase de apertura del derecho de vía, en caso de que las pendientes de las áreas a afectar ameriten su construcción, este tipo de obra también aplica para estabilizar los taludes de los cruces de ríos, arroyos, canales y/o quebradas y en cualquier zona de terrenos inestables. Esto trabajos incluyen el suministro de materiales, conformación, cimentación, disposición de los gaviones y general todas las actividades requeridas para su adecuado funcionamiento.

EL CONSTRUCTOR deberá realizar todas las operaciones necesarias para la construcción de los gaviones de acuerdo con el alineamiento, perfiles y secciones presentados por él para aprobación de EL CONTRATANTE.

- DEFINICIÓN: los gaviones constan de canastas en forma de paralelepípedos rectangulares en alambre galvanizado, las cuales se rellenarán con piedra o con sacos de suelo-cemento, formando unidades independientes con las que se conformarán diferentes estructuras utilizadas como protección o contención.

Se conforman con los gaviones muros de contención, trinchos en cañadas y descoles de canales, entre otros. Estos muros de gaviones podrán ser conformados con canastas en malla rellenas con piedra o sacos de suelo-cemento. Los muros de gaviones también se construirán donde sea necesario proteger la banca de las vías o el derecho de vía, para prevenir deslizamientos que pongan en peligro la estabilidad de la obra o para contener materiales sobrantes.

- CLASIFICACIÓN: Los gaviones se clasifican según las dimensiones de la canasta empleada y su colocación dentro de la estructura, en tres (3) clases:

- ✓ Gaviones de base: Cuyas dimensiones son 2.00 x 1.00 x 0.50 m.
- ✓ Gaviones de cuerpo: Cuyas dimensiones son 2.00 x 1.00 x 1.00 m.
- ✓ Colchonetas: Cuyas dimensiones son 4.00 x 2.00 x 0.15 a 0.30 m.

Los gaviones se clasifican según el tipo de material empleado para el relleno de la canasta en dos (2) clases:

- ✓ Gaviones rellenos con piedra.
- ✓ Gaviones rellenos con sacos de suelo-cemento.

- MATERIALES: Estas especificaciones aplican tanto por los gaviones rellenos con piedra, como para los gaviones rellenos con sacos de suelo-cemento.

Canasta: La canasta para el gavión deberá ser fabricada con malla tipo "cyclón" o "eslabonada" de triple torsión, con abertura máxima de 7.5 cm., de lado.

Alambre: El alambre que se utilice en la fabricación de la malla deberá ser de calibre 13 (diámetro = 3.404 mm) y cumplir como mínimo los siguientes requisitos:

- ✓ Calidad: Acero dulce, galvanizado en caliente (al zinc puro) exento de defectos (norma ASTM-A-90).
- ✓ Tracción: Carga mínima a la rotura: 42 Kg/mm<sup>2</sup>.
- ✓ Alargamiento: Bajo la carga de 42 Kg/mm<sup>2</sup>, el alargamiento de un fragmento de 10 cm deberá ser de 8 a 12 mm.
- ✓ Enrollamiento: El alambre deberá dejarse enrollar en espirales cerradas y paralelas sobre un cilindro de diámetro igual al doble del suyo, sin que el zinc muestre señales de deterioro o resquebrajamiento.
- ✓ Torsión: Las tiras de alambre de 20 cm de longitud deberán soportar 30 vueltas completas de torsión sin romperse y sin que se produzcan daños al zinc, permaneciendo el eje del alambre recto.
- ✓ Espesor de zinc (galvanizado): El alambre deberá soportar sin perder su capa protectora de zinc, ni siquiera parcialmente, cuatro inmersiones sucesivas de un minuto cada una, en una solución de sulfato de cobre cristalizado con concentración de una parte de cristales por cinco de agua y temperatura de la solución de 15 °C. Entre las inmersiones los alambres se lavarán, se limpiarán y se examinarán.

- ✓ Elasticidad de la malla: Una sección rectangular de la malla de 2.0 metros por 1.0 metro, deberá resistir, sin romperse, una carga de 1.95 Kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual se cortará una sección de 2.0 m por 1.0 m; se sujetarán los bordes a un marco y se tensionará hasta causar una elongación del 10%, luego se someterá a una carga de 1.95 Kg/cm<sup>2</sup>, aplicada en el centro de la malla con un martillo con los bordes redondeados para evitar el corte de los alambres.

Alambre de unión y tirantes: El alambre utilizado para unir entre sí las caras de un mismo gavión y las aristas de un gavión con las del vecino, (tirantes y templetos) deberá ser de calibre 12 (Diámetro=2.769 mm) como mínimo. Generalmente se utiliza alambre un número inmediatamente superior al empleado en la tela metálica.

Relleno con piedra: En estos casos el relleno de las canastas consta de fragmentos de roca o cantos rodados, sanos, resistentes y durables. Por consiguiente, EL CONSTRUCTOR no podrá utilizar material descompuesto, fracturado o agrietado. No se aceptarán fragmentos de lutita, arcillolita o "pizarra". La dimensión de cada fragmento de roca o canto rodado deberá estar comprendida entre 10 y 30 cm, las dimensiones de las rocas deberán ser superiores a los huecos de la malla y se colocarán de tal manera que quede el menor espacio de vacío entre ellas. EL CONTRATANTE podrá ordenar que se coloquen adicionalmente algunos contrafuertes.

Relleno con sacos de suelo-cemento: En ocasiones, cuando no se pueda disponer de fragmentos de roca, pueden utilizarse sacos de fibra natural rellenos de suelo-cemento en proporción 5:1, los cuales se deberán disponer dentro de la malla en reemplazo de los fragmentos de roca.

- CONSTRUCCIÓN: Estas especificaciones aplican tanto por los gaviones rellenos con piedra, como para los gaviones rellenos con sacos de suelo-cemento.

Preparación de la fundación: El terreno de fundación de los muros en gaviones deberá ser razonablemente nivelado, de acuerdo con las cotas y alineamiento definidos en campo, suprimiéndose las depresiones o salientes y los materiales sueltos u orgánicos que se encuentren. Sobre este terreno, cuando así se especifique, deberá construirse una capa continua de solado en grava y arena o se recompactará el terreno con los espesores y densidades que indique el diseño presentado por EL CONSTRUCTOR.

Gaviones de base: Sobre el terreno de cimentación ya preparado se colocarán un tendido de los gaviones de base en la forma como se indica en las Figuras 2.6, 2.7 y 2.8, de manera que por lo menos la mitad de su altura quede por debajo del lecho o terreno existente.

Llenado de las canastas:

- ✓ Las canastas deberán ser llenadas y amarradas en el sitio exacto donde han de quedar definitivamente sin permitir ningún tipo de transporte de las mismas una vez se haya efectuado el relleno.
- ✓ Los gaviones serán colocados convenientemente de modo que el número de lados libres de la tapa en contacto con las aristas de los gaviones vecinos sea mínimo para facilitar el armado de las canastas entre sí. Las caras que van a estar en contacto con los gaviones vecinos, deberán ser aplanadas con piezas de madera y ligadas con alambre galvanizado, lo más cerca posible de las aristas de la base.

- ✓ Cuando la altura del gavión sea de un metro o más, antes de llenarlo será necesario colocar tirantes interiores de alambre del mismo calibre del que forma la malla, así como encuadrar sus paramentos en el sentido de su mayor longitud, por medio de formaletas con el fin de evitar irregularidades en la estructura.
- ✓ Una vez colocado el gavión se deberá tensar la malla con una varilla de diámetro de 3/4" y 1.50 metros de longitud pasando su punta por la malla de la base; cuando la barra quede en posición vertical se enterrará en el suelo por medio de una almádana.
- ✓ Una vez colocado el gavión en sentido conveniente, se deberá tensar la malla para darle la forma que le corresponde y se atarán cuidadosamente las aristas verticales que se encuentren contiguas a los gaviones de contacto con el gavión anteriormente relleno, de forma tal que la tapa pueda ser rellena por el espacio libre que ocupará el gavión siguiente.
- ✓ Durante el llenado las canastas deberán mantenerse firmes y en posición correcta con los tensores transversales adecuadamente espaciados. De ser necesario se deberán utilizar formaletas en el sentido de mayor longitud para mantener tensionada la malla y evitar irregularidades en la estructura.
- ✓ La colocación de los pedruscos se hará a mano, depositando los de mayor tamaño en la periferia y el resto de tal forma que se obtenga una masa rocosa bien gradada, con mínimo porcentaje de vacíos y con superficies de contacto entre gaviones, parejas y libres de entrantes o salientes. Se deberá tener especial cuidado para no formar zonas con gran acumulación de piedras pequeñas; en ningún caso se permitirá el llenado por medio de canalones o cualquier otro método que pueda producir una segregación de tamaños.

Para el llenado de los gaviones con sacos de suelo-cemento se utilizarán sacos de fique rellenos con la mezcla de suelo-cemento, para lo cual se empleará Cemento Portland tipo I, los sacos deberán ser amarrados en la boca para evitar la salida del material. Cada vez que se coloque un saco se compactará con pisón manual metálico de 25 libras de peso; estos se dispondrán de modo que quede el menor espacio libre entre ellos.

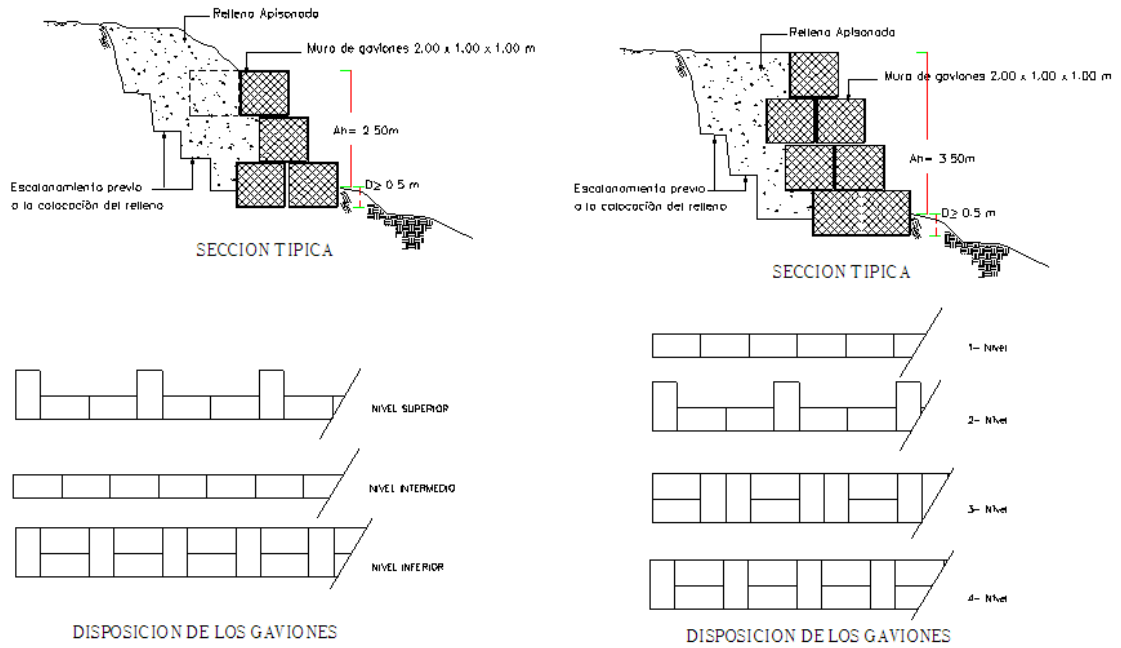
La mezcla del suelo y el cemento no deberá hacerse en seco, se agregará agua hasta obtener una humedad que garantice el fraguado del cemento antes de que se destruya el saco.

- COSTURAS: Los gaviones deberán cerrarse y coserse con alambre del mismo calibre de la malla; la costura deberá realizarse de manera que abarque un módulo completo de la malla.

Tanto las aristas verticales como las horizontales de cada gavión deberán amarrarse firmemente con las correspondientes de los gaviones adyacentes, de manera que el alambre de cosido amarre un módulo completo de la malla.

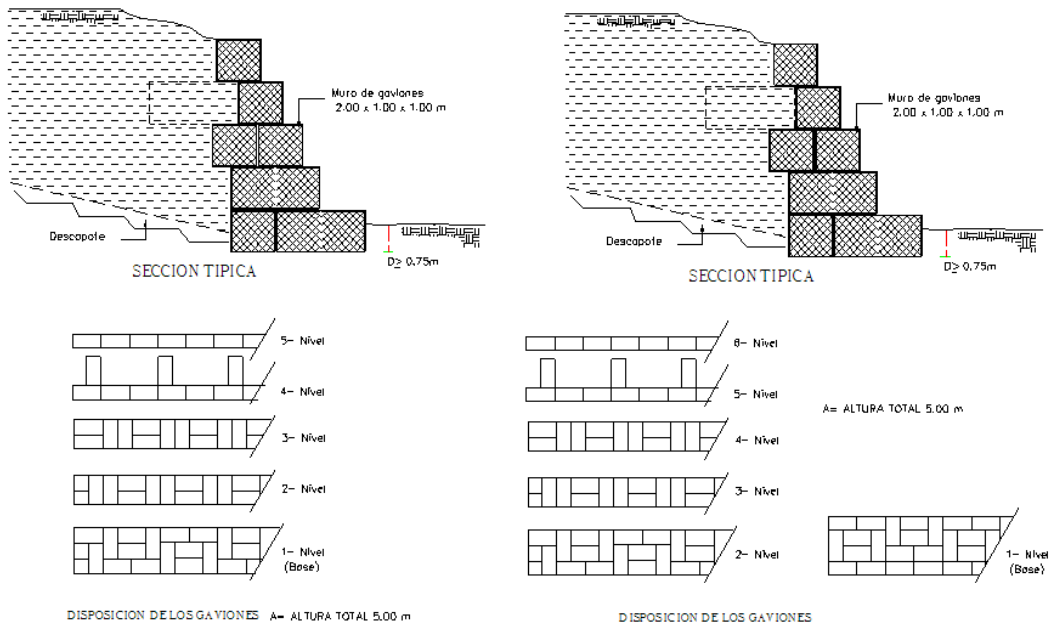
Tirantes transversales y longitudinales: Se deberán colocar tirantes o templetes transversales cada 50 cm en el primer tercio y a los 2/3 de la altura de cada gavión de cuerpo y longitudinalmente en la mitad de la altura. Los gaviones de base deberán tener tirantes transversales colocados cada 50 cm en la mitad de la altura. Estos tirantes son de alambre igual al utilizado para el amarre.

Figura 6. Diseño típico de muros de gaviones.



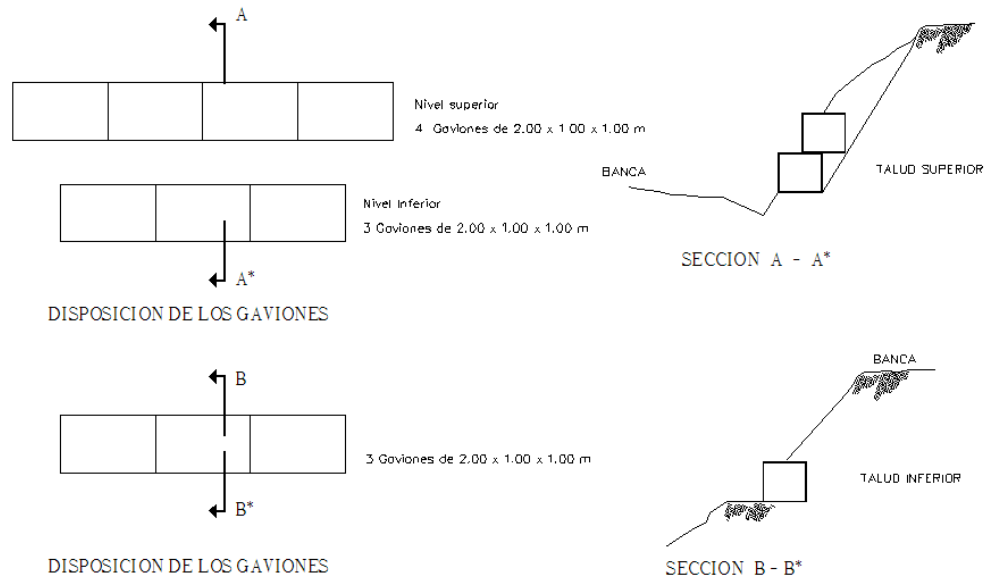
Fuente: P&P SAS

Figura 7. Diseño típico de muros de gaviones



Fuente: P&P SAS

Figura 8. Detalle de muros de gaviones para el derecho de vía a media ladera suave.



Fuente: P&P SAS

**2.4.3.2.3 Cobertura en Sacos.** Esta especificación se refiere al suministro de materiales y ejecución de los trabajos necesarios para realizar estructuras de contención, conformadas con sacos de fibra natural rellenos con suelo, suelo-cemento o concreto, dependiendo del uso que vayan a tener.

Además de las especificaciones descritas en este documento, se deberá tener en cuenta lo especificado en la Norma ICONTEC-112, Mezcla Mecánica de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica, Instituto Colombiano de Normas Técnicas.

- **MATERIALES:** Se deberán emplear sacos de fibra natural en buen estado, con una capacidad de 20 a 30 litros.

El suelo que se utilice como relleno deberá estar libre de vegetación, palos, bloques o cualquier elemento extraño que pueda romper el saco.

Para la mezcla se deberá utilizar mínimo cemento Portland en las proporciones en peso que indiquen los diseños. El concreto deberá cumplir con lo especificado en este documento.

- PROCEDIMIENTO: El suelo deberá estar libre de terrones o grumos; si estuviera demasiado húmedo deberá manipularse hasta obtener un contenido de agua óptimo, de manera que se facilite la labor y se obtenga una mezcla íntima y uniforme entre el suelo y el cemento.

Cuando el suelo se encuentre bajo de humedad y no haya liga con el cemento se deberá humedecer la mezcla de suelo-cemento antes de llenar el saco.

En el caso que se utilice concreto para el llenado de sacos éste deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

En todos los casos los sacos deberán coserse con hilo de fibra natural, doblando un poco la boca de la bolsa para evitar la fuga de material.

**2.4.4 Desmonte y Descapote** EL CONSTRUCTOR desalojará del área del derecho de vía todos los árboles, arbustos y troncos que puedan entorpecer las labores de construcción.

En las zonas de bosques, los arboles serán talados de tal forma que al caer lo hagan en dirección paralela al eje del derecho de vía y no se perturbe la zona boscosa aledaña. Se acudirá al uso de motosierras que permitan una tala dirigida, evitando el empuje y volcamiento con maquinaria pesada.

Para las vías de acceso y sitios de acopio de tubería en zonas boscosas se seguirá igual procedimiento; sin embargo, EL CONSTRUCTOR realizará un inventario forestal y la obtención de los correspondientes permisos de

aprovechamiento forestal. Los árboles talados serán utilizados dentro de la obra y de ninguna manera pueden ser comercializados.

Posteriormente, se retirará la capa vegetal colocándola a un lado del derecho de vía, en sitios en donde no se mezcle con el material inerte producto de la excavación; una vez terminados los trabajos en la zona, el material de descapote se extenderá apropiadamente sobre el derecho de vía tomando las precauciones necesarias para evitar que la capa vegetal se contamine con otros materiales de excavación.

El material sobrante del desmonte se acomodará en el límite del derecho de vía, éste no podrá ser quemado. En el caño por donde cruza el derecho de vía se dejara una distancia de 20 a 30 m en las orillas sin desmonte.

En donde hubiera pasto seco, paja u otras condiciones susceptibles de incendio, se implementará una barrera adecuada. En cada frente de obra se deberá tener un extintor de incendio para la eliminación de cualquier conato surgido en forma accidental.

**2.4.5 Nivelación (Movimiento de Tierras).** La nivelación será el trabajo de adecuar el terreno en el derecho de vía para el tránsito de equipos y construcción del gasoducto a través de raspado, corte o terraplén del terreno. Incluye la remoción y reacomodo de la tierra, excavación, la formación de taludes, construcción de puentes y todos los trabajos de relleno necesarios para la movilización del equipo hacia el derecho de vía.

El material vegetal será amontonado en el lado opuesto de la marcación de la zanja, evitando que trabaje como represamiento de aguas, permitiendo además drenaje. La nivelación del derecho de vía se realizará con miras a disminuir las interferencias con el drenaje natural. Cuando sea necesario se instalarán

tuberías de desagüe de dimensiones apropiadas para soportar el caudal del drenaje natural. El derecho de vía terminado debe tener una inclinación transversal para el lado opuesto de la zanja de aproximadamente 2%.

Se deberán instalar tubos en los lugares donde el derecho de vía cruza drenajes naturales intermitentes y en el que el caudal sea considerable, con la finalidad que no se interrumpa el libre flujo del drenaje durante la construcción. Donde sea necesario, se construirán puentes con resistencia y ancho suficiente para que permitan el paso de vehículos y equipos.

La nivelación del derecho de vía se ejecutará de tal manera que se mantenga la estabilidad del suelo, y se proteja y preserve de la vegetación natural, acarreado daños mínimos a la topografía natural existente.

El material originario del derecho de vía, próximo a los cursos de agua, se almacenará en el lado opuesto a la marcación de la zanja, y se tomarán las medidas de prevención y control de erosión.

**2.4.6 Instalaciones Temporales y Reparaciones.** De ser necesario, los cortes de alambrados serán instalados en cerramientos temporales, de material similar, para mantener el paso de personas, animales, vehículos y equipos.

Para instalar cercas temporales y remover o retirar alambrados, se deberá contar con la autorización de EL CONTRATANTE o su representante legal.

Las aperturas de alambrados no deberán sobrepasar el ancho del derecho de vía. Después de la conclusión de las obras, el alambrado original se restaurará en forma definitiva.

Se reparará rápidamente cualquier daño causado por las actividades de construcción en puentes, vías públicas o particulares, calles, alambrados, cercas, edificaciones o cualquier otra propiedad.

## **2.5 PROCEDIMIENTO DE TRANSPORTE, TENDIDO Y DOBLADO DE TUBERÍA**

Toda la tubería suministrada por el Cliente durante el proceso de recepción, debe ser inspeccionada y registrada en un documento suscrito por las partes, en donde se indique su condición de calidad (biseles, revestimiento, etc.), así como su numeración y longitud individual.

La tubería será transportadora desde el sitio de entrega del Cliente directamente al derecho de vía para su tendido. De ser necesario se harán acopios temporales en sitios adecuados dentro del área del derecho de vía.

Cuando se termine la construcción de la línea, EL CONTRATISTA entregará en los sitios dispuestos por EL CONTRATANTE, todos los tramos de tubería sobrante con longitudes individuales mayores a 1 m.

El recibo, descargue, transporte, acopio, tendido y manejo de la tubería se desarrollará de acuerdo a los siguientes enunciados:

**2.5.1 Recepción de Tubería.** La tubería suministrada por EL CONTRATANTE, de acuerdo con el contrato debe retirarse del sitio acopiado en las inmediaciones de la construcción, según el PDT aprobado al CONTRATISTA, la disponibilidad de tubería esta liberada.

En el Kick off Meeting al inicio de las operaciones, se realizará un ítem de la agenda, con el fin de verificar y acordar aspectos logísticos relacionados con la

operación de entrega/recibo. Esta reunión será coordinada por EL CONTRATANTE.

EL CONTRATISTA retirará la tubería de las instalaciones de almacenamiento y trasladará la tubería a los diferentes sitios de acopio, de acuerdo con las fechas de disponibilidad de la misma y el PDT para lo cual debe disponer de Holiday detector para verificar el estado del revestimiento, la calidad y el estado del revestimiento a partir del retiro de la tubería será responsabilidad de EL CONTRATISTA. En caso que se presente lluvia durante la operación de cargue se suspenden los trabajos.

La velocidad máxima de los vehículos en los sitios de entrega será la estipulada para la planta de almacenamiento o en su defecto de 15 Km/h. No se permitirá el tránsito de vehículos con tubería sin amarrar o asegurar. Tiene prelación los vehículos pesados.

EL CONTRATISTA dispondrá de los vehículos suficientes y adecuados para garantizar una operación oportuna y en las mejores condiciones de seguridad, de acuerdo con el Plan de Seguridad del CONTRATISTA, aprobado por EL CONTRATANTE para los trabajos.

Los conductores de los vehículos no deben intervenir en operaciones diferentes a la de conducir el vehículo, tales como: amarrar, acomodar las ayudas o cunas, levantar el acta, etc. No se permitirán más de dos (2) tracto mulas en el sitio de cargue, las restantes deben permanecer en el área de parqueo asignada, hasta tanto sea requeridas.

EL CONTRATISTA incluirá un coordinador, un inspector de seguridad y asistentes para la operación de recibo de la tubería, de tal manera que se adelanten los trabajos en forma coordinada, en los tiempos previstos, a la rata

de entrega indicada, se verifiquen y registren las condiciones y calidad del revestimiento, biseles y de la tubería, se constante la cantidad de tubería recibida, acomoden las cunas para el recibo de la tubería, se amarre adecuadamente la tubería; y para que en todo momento se cumplan las normas de seguridad industrial aprobadas.

**2.5.2 Cargue y Descargue.** Durante las operaciones de cargue y descargue de la tubería, se realizarán el respectivo plan de izaje, los ganchos que se utilicen, debe ser de un diseño adecuado y protegidos para evitar daños en los biseles de la tubería. Los ganchos (manitas) de los extremos, deben ser dimensionados para proteger el bisel de la tubería; los protectores de biseles, cuando existan, deben mantenerse en su sitio durante estas operaciones.

Las eslingas para el cargue y descargue de la tubería deben proporcionar un ángulo mínimo de 15° entre la eslinga y el tubo. Cuando la tubería sea cargada en cama altas, cada tubo se debe colocar sin botarlo y perfectamente encajados. Los travesaños (cunas) de las camas altas donde se va a apoyar los tubos, debe tener la forma y el ancho apropiado para distribuir la presión sobre la tubería y su recubrimiento; la cama alta debe contar con su apropiado sistema de amarre el cual consta de bandas de nylon.

**2.5.2.1 Cargue.** Los equipos de cargue serán los siguientes:

En los patios de acopio de EL CONTRATANTE, se utilizará camión grúa y/o excavadora. En los acopios temporales que realice EL CONTRATISTA, el cargue se hará utilizando, camión grúa o excavadora.

**2.5.2.2 Descargue.** El descargue en los acopios temporales o durante la ejecución del tendido de la tubería, se realizará utilizando camión grúa o excavadora.

**2.5.3 Acopio.** EL CONTRATISTA, ubicará los sitios de acopio temporales para la tubería, dentro de la franja del Derecho de Vía, la cual debe haber sido negociada con anterioridad por EL CONTRATANTE

Deben estar ubicados en terrenos firmes con pendientes y drenajes adecuados para permitir la evacuación de aguas lluvias, y estar protegidos contra robo y daños durante la construcción. En el momento que el sitio de acopio ya no se necesite este debe ser restaurado a su condición original.

El número de niveles de tubería en un apilamiento se debe limitar para prevenir deformaciones de la tubería o daños en su recubrimiento debidos al excesivo peso de los tubos.

La primera hilada de tubos se debe apoyar sobre durmientes de madera o montículos de tierra revestida con sacos de polipropileno o similar y en ningún caso directamente sobre el terreno natural. Se ubicarán a los costados de ésta, cuñas de madera que garanticen la estabilidad de la pila.

Cualquier defecto causado durante el recibo, cargue, transporte, descargue o acopio debe ser reparado por EL CONTRATISTA.

El trabajo debe ser desarrollado de manera que se evite cualquier daño a la tubería y al recubrimiento.

Para evitar el contacto tubo a tubo, se empleará manilla de nylon dispuesta adecuadamente en dirección circunferencial del tubo y en mínimo tres puntos a los largo de este.

**2.5.4 Transporte.** Los vehículos que transportan la tubería deben tener las dimensiones adecuadas para que la tubería no sufra daños.

La tubería también puede ser transportada en camiones tipo 600 o similar teniendo en cuenta el adecuado uso de amarres y ajustes con la utilización de 3 marcos H para proteger la tubería de cualquier tipo de daño.

EL CONTRATISTA utilizará únicamente el derecho de vía o los accesos autorizados para el transporte de la tubería desde el lugar de almacenamiento principal hasta los acopios locales en el derecho de vía, donde se inicia el tendido.

Cuando las condiciones del derecho de vía se impidan la operación de las camas altas, este transporte se realizará utilizando los equipos convenientes (cargas tubos o Sideboom), cuyos soportes deberán estar debidamente protegidas con bandas de caucho.

**2.5.5 Tendido de Tubería.** Para el tendido de tubería desde los sitios de acopio hasta los puntos de instalación de cada tubo a lo largo del derecho de vía, se debe utilizar únicamente éste o los accesos autorizados, utilizando cama alta cuando las condiciones del terreno lo permitan, de lo contrario como alternativa se puede utilizar Sideboom, camión grúa, cargatubos o excavadoras.

El tendido de la tubería se realizara directamente sobre el derecho de vía limpio, nivelado y de tal forma que se dejen traslapos o la tubería sesgada para evitar el enfrentamiento entre las bocas o biseles de tubos adyacentes, de requerirse, se dejaran espacios para facilitar el movimiento de equipo de las granjas, ganado y otro tipo de tráfico. Se debe mantener el paso en los camiones o senderos existentes.

Durante el tendido, la tubería se debe colocar sobre sacos de polipropileno o de fibra natural (fique) rellenos de suelo o cascarilla de arroz, a una distancia máxima entre ellos de 6 m, es decir que para el caso de un tubo de 12 m, éste

debe estar apoyado por lo menos en tres puntos para evitar el contacto con el piso y daños al revestimiento. Se debe dejar un ancho adecuado para facilitar el paso de personas, maquinaria y animales de los predios que se ocupen. Se debe mantener el paso en los caminos y senderos existentes.

No se admite el manejo de tubería con eslingas o cables de acero colocados directamente sobre el revestimiento, deben usarse bandas suaves con resistencia suficiente para garantizar un manejo seguro de la tubería, éstas se deben reemplazar cuando por su estado no pueden cumplir esta condición.

**2.5.6 Identificación de la Tubería. Es importante recordar que cada tubo viene identificado con tres números al menos:**

1° Número de colada (Heat Number)

2° Número del tubo dentro de cada colada (Pipe Number)

3° Longitud de tubería (m)

Por lo tanto el Inspector QA/QC debe registrar esta información para cada tubo. Por todo tubo cortado, la parte sobrante se identifica con el número de fábrica, espesor y el Km/tubo de donde fue retirado. La identificación se realizará en cada uno de los extremos del tubo usando pintura o marcador indeleble.

Si por cualquier motivo, durante el montaje, la posición de uno o más tubos estuvieran en desacuerdo con el informe diario de campo, el número de fábrica y la posición de los tubos que substituirán a los anteriores, este hecho deberá ser anotado y el cambio informado a EL CONTRATANTE.

La identificación exacta del tubo, la cual se asignará como: Km/ tubo

Donde: Km: número del kilómetro de construcción (en este caso cada 100 m)

Tubo: número secuencial del tubo dentro del respectivo kilómetro.

Si existe la necesidad de incluir un Niple o tubo para ajuste de montaje no previsto en la planilla de doblado, tendido, montaje, el procedimiento deberá prever la numeración del Niple dentro de las secuencias de numeración.

En caso de existir más de un corte dentro del mismo tubo, la numeración se colocará en forma ascendente o llevará el mismo número seguido de una letra.

**2.5.7 Doblado de Tubería.** Los cambios de dirección de la tubería en la construcción de la acometida deberán realizar de acuerdo a la Norma ASME correspondiente. El doblado de la tubería se hará por el método del doblado en frío.

La tubería deberá ser colocada siguiendo el perfil del terreno del fondo de la zanja, sin generar en el proceso de doblado, cortes o sobrantes de tubería innecesarios por mala conformación de la zanja o el doblado mismo; para esto se realizará, con una cuadrilla de topografía, un replanteo (Predoblado) que permitirá definir la distribución de los tubos a doblar, la magnitud de las curvas, la localización del vértice y la disposición de los golpes para obtener los grados por tubos requeridos.

Las curvas se deberán hacer de acuerdo con lo establecido por el código ASME B31.8 Numeral 841.23 última edición, para el doblado en frío, no se permitirá el alargamiento, el arrugamiento o el adelgazamiento indebido en la pared del tubo.

Todos los tubos levantados por topografía de doblado serán anotados en libretas de campo y las curvas anotadas en los tubos para el posterior doblado.

**Ejecución del doblado:** La tubería deberá ser colocada siguiendo el perfil del terreno del fondo de la zanja, sin generar en el proceso de doblado, cortes o

sobrantes de tubería innecesarios por mala conformación de la zanja o el doblado mismo; para esto se realizará, con una cuadrilla de topografía, un replanteo (pre-doblado) con sistema de topografía (estación total) o nivel ABNEY, que permita definir la distribución de los tubos a doblar, la magnitud de las curvas, la localización del vértice y la disposición de los "golpes" para obtener los grados por tubos requeridos.

Hecha la distribución y el replanteo de tubos a lo largo de la traza de la zanja, el equipo de curvado procederá antes de realizar las soldaduras en línea, al marcado de los puntos a curvar, el cálculo de los grados de curvado y a su realización de acuerdo con las siguientes directrices:

La curvatura de los tubos deberá ser realizada en todos aquellos casos en los cuales el valor angular de las desviaciones planimétricas o altimétricas del recorrido sean tales que no vengán absorbidas totalmente de la elasticidad de las tuberías dentro de los valores de un radio mínimo de curvatura elástica prevista en los documentos contractuales.

Antes de realizar las curvas se deberá verificar sobre el terreno el valor angular de la desviación, con el fin de colocar correctamente el tubo dentro de la excavación.

Las curvas deberán ser realizadas por personal homologado utilizando máquinas de curvado que deberán estar en condición de curvar uniformemente los tubos, sin crear pliegues o arrugas, fisuras y con el menor estiramiento posible. Para reducir al mínimo estos defectos, las curvas deberán ser realizadas con el máximo radio posible. En el caso de los tubos revestidos, las máquinas de curvado deberán además no causar daños al revestimiento. Antes de curvar se comprobará el estado de las curvas.

El radio mínimo de las curvas es aquel que corresponda a una deflexión de un grado por cada diámetro de longitud de la tubería, según se indica en la norma ANSI 831.4. Se debe localizar el vértice de la misma en el sitio exacto del tubo que se va a doblar, con el fin de lograr el empate entre la línea ya soldada y la curva; la vena de la costura del tubo debe localizarse en el eje neutro de la curva.

El curvado debe ser realizado de manera que el radio de curvatura resulte igualo superior a 30 Diámetro Nominales.

En dos tubos adyacentes el desplazamiento mínimo de las costuras deberá ser de  $15^\circ$ , por ningún motivo quedarán enfrentados. Las dos costuras longitudinales se deberán localizar sobre los dos cuadrantes superiores. La distancia mínima entre la curva y la junta circunferencial soldada (tramo recto) no puede ser inferior a 2 m del tubo en consideración.

En el caso que se deban realizar desviaciones horizontales con varias curvas sucesivas, el curvado de cada uno de los tubos deberá ser realizado colocando la soldadura longitudinal alternativamente a unos 7 cm. a la derecha y unos 7 cm. a la izquierda del plano del eje neutro antes mencionado, de manera que cada una de las curvas venga acoplada con las soldaduras longitudinales desfasadas aproximadamente 15 cm., para los tubos de gran diámetro, de un arco de  $15^\circ$  aproximadamente. Las soldaduras longitudinales deben quedar en la zona neutral y en la parte superior de la curva.

La eventual soldadura circunferencial de la unión de los tubos curvados a su carrete recto intermedio, así como la soldadura longitudinal, no deberán entrar en contacto durante el curvado con la zapata de la máquina curvadora. En cualquier caso, después del curvado, la soldadura circunferencial interesada

podrá controlarse si se precisa con medios no destructivos (radiografías y ultrasonidos).

Toda la tubería debe ser colocada de manera que su forma coincida aproximadamente con el fondo de la zanja donde debe estar ubicada sin generar tensiones, en caso de generarse tensiones en las curvas, estas serán cortadas. En todas las curvas verticales descendentes, la parte inferior de la curva debe apoyarse sobre suelo firme, de manera que el relleno trate de cerrar la curva en lugar de abrirla. En las curvas verticales ascendentes, la parte inferior de la curva debe apoyarse en suelo firme para obtener el mismo resultado del párrafo anterior.

La curvatura debe comenzar y terminar de manera que en cada uno de los extremos de la curva quede un tramo recto de un largo al menos de 2 m. En los tubos dobles unidos, la soldadura circunferencial, y los extremos del tubo no deberán sufrir ninguna deformación por efecto de la curvatura.

Después de la curvatura, la eventual ovalización de los tubos no puede superar en ningún punto el 2,5 % del diámetro nominal teórico. El control de la ovalización deberá ser efectuado mediante el pasaje de un calibre constituido por dos discos de un diámetro igual al 97,5% del diámetro interno, y acoplados rígidamente entre sí a una distancia igual al diámetro nominal; es obligatorio tener los calibres con el curvador y pasarlos a todas las curvas de la tubería.

Cualquier curva de tubería donde la ovalización y deformación sea tal que la diferencia entre el diámetro máximo y mínimo sea mayor al 2,5 % del diámetro nominal, debe ser cortada y reemplazada por una curva adecuada. La tubería se revisará con platina calibradora al 97.5% del diámetro interno para la verificación interna, al 100% de los tubos doblados.

**2.5.8 Inspecciones.** Para el recibo, el coordinador de QA/QC debe liberar la realización de la inspección visual a toda la tubería por parte de EL CONTRATISTA, garantizando que el revestimiento, los biseles, la superficie del tubo y espesores de pared de material no presenten daños.

Para la inspección visual y revisión dimensional de cada tubo, se pasará una galga interna con el diámetro correspondiente a los siguientes parámetros: diámetro externo del tubo, espesores nominales altura de la vena por el proceso de fabricación de la tubería ERX (1/16”) tolerancia dimensional en diámetro de los extremos, según API 5L.

Los equipos que sean utilizados deben estar debidamente calibrados y/o verificados y en condiciones de mantenimiento adecuadas y se dejarán registros de estas mediciones y/o actividades de inspección.

## **2.6 PROCESO DE ALINEAMIENTO Y SOLDADURA**

A continuación se presentan algunas definiciones de interés en este ítem:

- ✓ WPS: Welding Procedure Specification, Procedimiento de soldadura.
- ✓ PQR: Procedure Qualification Record, Calificación de procedimiento.
- ✓ WPQ: Welder Performarce Qualification, Calificación de soldador.

**2.6.1 Biselado.** No se realizarán reparaciones con soldaduras en el extremo biselado de la tubería, si el defecto no puede ser esmerilado dentro de los límites especificados por EL CONTRATANTE y la norma API SPEC 5L última edición se cortará un nuevo bisel, los biseles de campo se realizarán con cortadora-biseladora. En el caso de que el bisel de la tubería sufra daño o deterioro por cualquier motivo EL CONTRATISTA realizará un proceso de rebiselado de los extremos.

**2.6.2 Limpieza Interna de los Tubos.** EL CONTRATISTA deberá tomar las precauciones necesarias para que el interior de los tubos se mantenga libre de materias extrañas. Antes de soldar cada tubo se debe pasar una platina que no solo permita verificar las condiciones geométricas del tubo sino que también ayude a extraer cualquier material ajeno al mismo. De igual forma, antes de proceder a alinear cada tramo, los extremos biselados de cada unión deberán ser limpiados completamente de pintura, óxidos, escamas, polvos, mugre u otro material extraño, incluyendo como mínimo una pulgada (1") de la superficie interna del tubo. La limpieza se deberá efectuar con pulidoras, biseladoras o cepillos circulares, se deberá evitar que la superficie quede expuesta al aire más de una hora en caso contrario se limpiará nuevamente. Antes de proceder a alinear y soldar cada tubo, éste se limpia cuidadosamente y al finalizar cada jornada de trabajo, los extremos de la tubería quedarán bloqueados mediante tapas metálicas soldadas para evitar la entrada de elementos ajenos a la misma.

**2.6.3 Alineación.** EL CONTRATISTA efectuará la alineación de la tubería con alineador interno o grapa externa según las condiciones topográficas del Derecho de Vía, deberá verificar el correcto enfrentamiento de los biseles y las paredes de los tubos a soldar para reducir al mínimo la posibilidad de defectos en la soldadura por este motivo. En caso de existir costuras longitudinales en tubos adyacentes, estas deberán ser desplazadas mínimo 15° y ensamblarse alternadamente de forma tal que queden en el tercio superior del tubo.

El extremo del tubo empalmado será alineado de tal forma que el desalineamiento no sea en ningún caso mayor de 1/16", en los extremos con dobles juntas soldadas en planta las costuras longitudinales deberán estar desplazadas un mínimo de 45°. Toda costura deberá ser colocada siempre en los cuadrantes superiores a menos que se determine lo contrario.

En, caso de alinear espesores de tubería diferentes, si las Condiciones del Diseño y la calidad de los materiales lo permiten se elaborará una transición con disco abrasivo en la parte interna de la tubería de mayor espesor, de acuerdo con lo indicado en el código ASME B.31.8.

La separación mínima entre dos soldaduras circunferenciales deberá ser 1.5 m. La distancia entre cara y cara de las tuberías será aproximadamente 1/16" (1.6 mm) o lo especificado en el WPS aprobado. El proceso de alineación se realiza verificando la correcta alineación y perpendicularidad de las piezas a soldar. Además, se utilizará espaciadores, los cuales garantizan la separación uniforme de los biseles.

**2.6.4 Soldadura en Campo.** La soldadura de campo de la tubería se ejecuta en un todo de acuerdo a lo exigido por el Standard API 1104, las normas aplicables AWS última edición y las Especificaciones del CONTRATISTA como mínimo y será complementado por las siguientes indicaciones:

**2.6.4.1 Calificación del Procedimiento de Soldadura.** EL CONTRATISTA deberá elaborar los procedimientos para la soldaduras de tuberías (WPS), (PQR) y deberá aplicarlos para la realización de todos los procesos de las soldaduras de juntas tubo a tubo, los cuales deben estar en todo de acuerdo con la Norma API 1104 y las Especificaciones del CONTRATANTE las cuales se presentarán a EL CONTRATANTE y/o su representante para revisión y aprobación.

El procedimiento será calificado por un centro especializado y certificado aprobado por EL CONTRATANTE y/o su representante. EL CONTRATISTA no iniciará el proceso de soldadura de la tubería en campo sin la aprobación de los procedimientos de soldadura y la calificación de los soldadores (WPQ),

procesos que se llevarán a cabo según lo estipulado en la norma API 1104 y las Especificaciones del CONTRATANTE.

La calidad de las soldaduras se determinará por ensayos no destructivos (RX).

**2.6.4.1.1 Calificación de Soldadores.** Los soldadores son calificados (WPQ) de acuerdo con las exigencias del procedimiento correspondiente calificado y aprobado para el proyecto, usando tubería del mismo diámetro y especificación que la que se usará en la ejecución de la Línea Regular, de tal forma que EL CONTRATANTE y/o su representante pueda presenciar y aceptar dichas pruebas.

Para la soldadura que no se efectúe en la Línea de la acometida, sino que sea para soldar accesorios o elementos estructurales, se deberá calificar un procedimiento y someterlo a la aprobación de EL CONTRATANTE y/o su representante, los cuales deberán estar en todo de acuerdo con la norma ANSI B31.8, API 1104, el AWS D1.1 última edición y las especificaciones del CONTRATANTE.

**2.6.4.1.2 Requisitos en Soldadura de Producción.** *General:* Antes de soldar, los biseles y la parte interna de la tubería se limpia con cepillos o esmeriles mecánicos hasta encontrar el metal base, en una distancia mínima de 1" desde el extremo preparado, tanto interior como exteriormente, esta operación no podrá adelantar a la soldadura más de cien (100) metros o diez (10) tubos, ni permanecer las superficies del biselado expuestas al aire más de una (1) hora después de haber sido limpiado, en caso contrario se deberán limpiar nuevamente los biseles. Se debe tener en cuenta que el WPS está diseñado para penetrar con polaridad inversa OC (electrodo positivo, tubo negativo) en una técnica "vertical hacia abajo".

Bisel de Campo: No se realizan reparaciones con soldadura en el extremo biselado de la tubería. Si el defecto no puede ser esmerilado dentro de los límites especificados por EL CONTRATANTE y las normas API SPEC 5L última edición, se corta un nuevo bisel. Los biseles de campo se hacen con una máquina cortadora - biseladora.

Retiro de Grapas de alineación: La grapa de alineación interna se retira después de completar el pase de fondeo, cuando se use grapa externa se mantiene firmemente en su posición hasta completar mínimo el 50% de la circunferencia del pase de raíz de conformidad con lo establecido en la norma API 1104.

Pase Caliente: El pase caliente se aplica tan pronto como sea posible, enseguida del pase de raíz y nunca deberán ir cinco (5) juntas atrás. El cordón de acabado no deberá ir más de veinte (20) juntas atrás del cordón de fondeo. Al finalizar el día de trabajo no deberá quedar ninguna soldadura sin terminar por completo.

Pases de Relleno V de Acabado: Los requisitos de la Cláusula 4.82 del API 1104, se cumplen, la altura del refuerzo de soldadura no deberá ser menor de 1/32" ni mayor de 1/16" sobre la superficie de la tubería y el cordón final penetra por lo menos 1/16" en cada lado, al material base. La vena de los tubos deberá quedar siempre hacia arriba, en la franja de los 120° superiores, por ningún motivo quedarán enfrentadas en pegas sucesivas.

Marca de las Juntas de Soldadura: Cada soldador identifica su trabajo por medio de marcas en los tubos adyacente a la soldadura de la cual ha sido responsable de acuerdo con el procedimiento acordado en campo con la interventoría, con el estampe asignado, de modo que se pueda identificar no solo el nombre del soldador o soldadores, sino también el pase que ejecutó.

Estas marcas se deberán realizar en la totalidad de las juntas soldadas y se deberá llevar a cabo un registro diario por el constructor acerca de las personas que ejecutaron la soldadura, este reporte será entregado diariamente a EL CONTRATANTE y/o su representante. La marca se hace con una tiza que resista la intemperie o cualquier otro material adecuado que no dañe el recubrimiento de la tubería.

Cada soldador de pase de raíz, coloca su símbolo al comienzo de la mitad superior de cada sección en la cual haya trabajado y los otros soldadores escriben sus estampes debajo de éste. Los estampes de identificación se colocan en el material de recubrimiento adyacente a la soldadura. A ningún soldador se le cambia el estampe asignado durante el período de construcción. Si a un soldador se le termina su contrato o se le retira del trabajo, su estampe no se asigna de nuevo otro soldador.

Limpieza entre Pases: No se permitirá limpieza manual en ninguno de los diferentes cordones; el primer pase se deberá limpiar con disco abrasivo de espesor y clase adecuados, en los otros pases la soldadura se limpiará de escorias o fundentes remanentes usando herramientas mecánicas, antes de la aplicación de cualquier pase posterior. Los defectos visibles tales como, fisuras, cavidades o cualquier otro defecto de soldadura se remueve y se pone especial atención a la limpieza de la zona de transición entre el material de aporte y el material base antes de depositar la soldadura posterior. La acumulación de porosidades, puntos de parada-arranque de soldadura y puntos altos, se esmerilan tal como lo permite los códigos o estándares ANSI B31.8 y API 1104 aplicables.

Puntos de Soldadura Perdidos o Quemones y Líneas a Tierra: Los puntos y cordones de soldadura deberán ser aplicados solamente en las juntas que así lo requieran y se evitará cualquier quemón en la superficie del tubo. Los

métodos y equipo utilizados para líneas a tierra no deben dejar huellas mecánicas o quemones en la superficie del tubo.

*Soldaduras Terminadas:* Las soldaduras completas quedan libres de huecos, traslapos chorreados (cold laps), o cualquier otro defecto y tienen una apariencia uniforme.

*Protección del Recubrimiento de la Tubería:* se usan lonas, asbestos o cualquier otra protección para evitar que las salpicaduras de soldadura dañen el recubrimiento de la tubería.

**2.6.4.1.3 Inspección y Pruebas de la Soldadura.** La inspección y prueba de las soldaduras se realiza de acuerdo con lo indicado a continuación:

*Limpieza:* Cada junta queda completamente limpia y pulida usando cepillos mecánicos, pulidoras o cualquier otro equipo requerido antes del examen de la soldadura.

*Examen:* Para las tuberías de la Línea Regular de la Acometida ubicadas todas en localidad Clase 4 el setenta y cinco (75%) por ciento, de todas las pegadas soldadas en cualquier longitud se examinarán radiográficamente, siendo obligación del CONTRATISTA reemplazar o reparar por su cuenta las pegadas defectuosas. Para las tuberías de todos los cruces especiales derivación de la Acometida, el cien por ciento (100%) de todas las pegadas soldadas en cualquier longitud, siendo obligación del CONTRATISTA reparar o reemplazar por su cuenta las pegadas defectuosas, de igual manera será por cuenta del CONTRATISTA la reposición de cualquier accesorio que resulte dañado por una pega defectuosa. La determinación final de la aceptabilidad de la inspección de la soldadura se llevará a cabo de acuerdo con estipulado en la norma API 1104 sección 9, última edición vigente, si al radiografiar la

reparación, esta se encuentra defectuosa, esta se deberá reparar nuevamente. Si al radiografiar la segunda reparación se encuentra defectuosa, será necesario cortar la pega, para esto se deberá colocar un carrete nuevo, el cual tendrá una longitud mínima de dos (2) metros.

**2.6.4.1.2 Reparación o Remoción de Defectos en Soldaduras.** El procedimiento para la reparación de las soldaduras se somete a aprobación del CONTRATANTE y/o su representante y ninguna reparación se ejecuta sin su aprobación, se hace respaldado por el procedimiento calificado y aprobado para el proyecto y, el procedimiento acordado con la interventoría para la reparación de juntas soldadas calificado y aceptado y, la norma API 11 04.

**2.6.4.1.3 Defectos en los Extremos de los Tubos y sus Reparaciones.** Las torceduras, abolladuras, aplastamiento, huellas, muescas, entalladuras, traslapos, inclusiones, fisuras, defectos de laminación y cualquier otro defecto perjudicial en el extremo de la tubería se repararán o remueve como sigue:

Los traslapos, fisuras, entalladuras, inclusiones o defectos de laminación en la tubería se remueven cortando un cilindro y volviendo a biselar. Si el extremo de la tubería está deformado hacia adentro de tal manera que la parte interior del defecto sobrepase el límite del diámetro interior, la tubería es reconfirmada hasta su contorno interior original, pero teniendo en cuenta que el espesor de pared no se reduzca más allá del 95% del espesor de pared nominal. Los biseles que contengan abolladuras, depresiones o cualquier otro defecto mayor de 0.05" se reparan o re-biselan.

Un daño en la cara de la raíz puede ser reparado previa aprobación. La aceptabilidad de dicha reparación se determina colocando una regla rígida en contacto con las áreas en buen estado para ver la diferencia de medidas. La máxima diferencia entre la regla rígida y la superficie reparada no debe ser

mayor de 1/32" sobre una longitud máxima de 3/4", ó 3/64" sobre una longitud máxima de 3/8". Únicamente dos reparaciones de éste tipo se permiten en un mismo bisel. Otro tipo de defectos en la superficie del bisel diferente al de la cara de la raíz son permitidos si tales defectos no exceden 5/64" de profundidad y si es suave y redonda. Abolladuras similares en la parte superior del bisel son reparadas igualmente. Las abolladuras que afecten la curvatura de la tubería dentro de 4" del extremo del tubo o en una soldadura longitudinal o circunferencial se remueven cortando un cilindro de tubo que contenga la parte dañada.

## **2.6.5 Inspección y Ensayo**

**2.6.5.1 Inspección Visual de Soldadura.** Todas las juntas que se ejecuten en el desarrollo del proyecto son avaladas por el Inspector Radiólogo encargado Nivel II. En caso de presentar defectos (según la normatividad aplicable), se identifica la pega y se determina tomar las medidas correctivas de inmediato haciendo la reparación y registrando la irregularidad en el formato correspondiente.

**2.6.5.2 Inspección de Motosoldadores.** EL CONTRATISTA presentará al CONTRATANTE y/o su representante los certificados de calibración de las maquinas soldadoras que serán empleadas durante los trabajos de alineación y soldadura, la fecha de expedición de dichos certificados no podrá ser superior de un (1) mes a la fecha de inicio del proyecto. Los motosoldadores están identificados con su stickers y tienen la correspondiente hoja de vida. Se calibran como mínimo cada año mediante la medición de los voltajes y amperajes del equipo con respecto a los controladores y medidores del mismo. Además del buen funcionamiento del equipo, éste se encuentra siempre en perfectas condiciones de limpieza, con la conexión a tierra en buen estado, los indicadores en funcionamiento al igual que las pinzas y los bornes. Se revisa constantemente el estado del remolque, que no presente fisuras debidas al

desplazamiento del equipo, y los niveles de aceite, combustible y agua. Cualquier irregularidad encontrada reporta inmediatamente al Líder de Soldadura para que se implementen las medidas necesarias. Los reportes de inspecciones se adjuntan al reporte de calibración anual y se archivarán.

**2.6.6 Disposiciones Generales.** Se realizan Inspecciones al contenedor de electrodos para asegurar que las cajas no han sufrido ningún daño y que se ha mantenido su integridad y hermeticidad de sellado. Las cajas abiertas se mantienen en la bodega designada para tal fin en una caja de almacenamiento con focos para que la temperatura sea más alta que la del ambiente y no menor a 20°C. En campo, los electrodos se mantienen en hornos portátiles de electrodos.

La varilla o el electrodo de soldadura que fuesen rechazos por la inspección o durante la ejecución de trabajo se identifican y retiran del lugar de almacenamiento, y no se usan para el trabajo de soldadura de la tubería. Además se confirma la identificación con los certificados de fabricación y se verifica la inspección y clasificación AWS, nombre comercial, número de lote de la fábrica, fecha de fabricación y diámetro de los electrodos. Los electrodos son inspeccionados además, asegurando que no existen defectos en el revestimiento tales como: imperfecciones, reducción de espesor, señales de oxidación, deficiencia en la longitud dimensional o excentricidad. Adicionalmente, se debe tener disponible el registro de Control de calidad expedido por el almacenista, en el cual se liberan los electrodos al ser entregados a los soldadores.

El tipo de tubería que se va a utilizar no requiere precalentamiento para aplicar la soldadura. No obstante, En caso de presentarse humedad en el ambiente, la tubería se calienta un poco para eliminar cualquier partícula de agua. Las uniones a tierra entre las máquinas soldadoras y los tubos o accesorios deben

ser revestidos en bronce para evitar quemaduras. Todas las quemaduras que ocurran en las tuberías y accesorios se remueven. Las conexiones de tierra de las máquinas de soldadura deben asegurarse de manera correcta por medio de prensas u otros medios mecánicos al tramo de tubería desnuda de la tubería.

No se permiten arcos entre las conexiones a tierra y las tuberías. Se deberá reemplazar cualquier cable que tenga el aislante dañado. Cuando sea necesario dejar tramos de tubería sin soldar en forma temporal, tales como cruces de carreteras, caminos, puentes, etc., los extremos abiertos de la tubería deben ser cubiertos con tapas, manteniendo esta protección hasta que la tubería sea soldada en forma definitiva y quede la línea continua.

Los soldadores deberán ser identificados con un número único y este será colocado cerca a la soldadura con crayón o marcador indeleble. Cuando se descubran laminaciones o extremos abiertos, la totalidad de la tubería que contenga los defectos se desecha y ninguna porción de esta junta se utiliza nuevamente. Los defectos detectados por radiografía deben repararse en un período no superior a una jornada de trabajo; de lo contrario, se detiene el frente de soldadura hasta que se normalice la situación.

## **2.7 PROCEDIMIENTO DE ZANJADO BAJADO Y TAPADO**

**2.7.1 Apertura de Zanja en Terrenos en Condiciones Normales.** EL CONTRATISTA cuidará porque la alineación horizontal y vertical del eje de la zanja sea tal, que reduzca al mínimo necesario el doblado de la tubería según el trazado. Se deberá señalar en el terreno el eje de la zanja antes de proceder a realizarla.

El fondo de la zanja será nivelado uniformemente y quedará libre de rocas sueltas, grasas y materiales extraños que pudieran dañar la tubería o su

revestimiento. Se deberán cortar todas las raíces de los árboles de forma que el corte coincida con el fondo de la zanja y con las caras laterales de la zanja para evitar daños en el recubrimiento de la tubería, las paredes de la zanja deben ser lo más verticales que sea posible y en las zonas donde la estabilidad del terreno así lo requiera, o el estudio geotécnico del trazado así lo indique, deberán ser entibadas para proteger de posibles caídas de materiales o derrumbes de los taludes al personal que labore dentro de la zanja.

**2.7.1.1 Profundidades Mínimas para la Instalación de la Tubería.** En la línea regular en condiciones normales de excavación tendrá un mínimo de un metro (1 m) medido a la cota superior o clave del tubo. (Ver figura 2.1)

En las zonas de la Línea Regular con presencia de roca que imposibiliten la excavación normal, tendrá un mínimo de setenta y cinco centímetros (75 cm), medidos a la cota superior o clave del tubo.

En los cruces de obras especiales (carreteras, caminos, corrientes principales y secundarias, vías férreas, líneas en operación etc.) tendrá la profundidad mínima señalada en las especificaciones correspondientes para cada tipo de cruce.

En zona de líneas vivas tendrá un mínimo de dos metros (2.0 m) medidos a la cota superior o clave del tubo.

El ancho de la zanja será de cincuenta centímetros (0.50 m) mínimo, independientemente de la clase o condición del terreno a excavar.

EL CONTRATISTA será responsable de la ejecución de todas las obras requeridas para la contención del terreno durante las labores de apertura de la zanja, cuando la línea de la Acometida cruce o vaya paralela a canales o

cauces naturales EL CONTRATISTA deberá tener el máximo cuidado para no dañar dichas instalaciones y tendrá en cuenta las exigencias del CONTRATANTE de la entidad que la opere. Se deberá tener en cuenta durante la excavación que la nueva tubería será instalada siempre debajo de las otras líneas y por lo menos a setenta y cinco centímetros(0.75 m) de separación en sentido vertical.

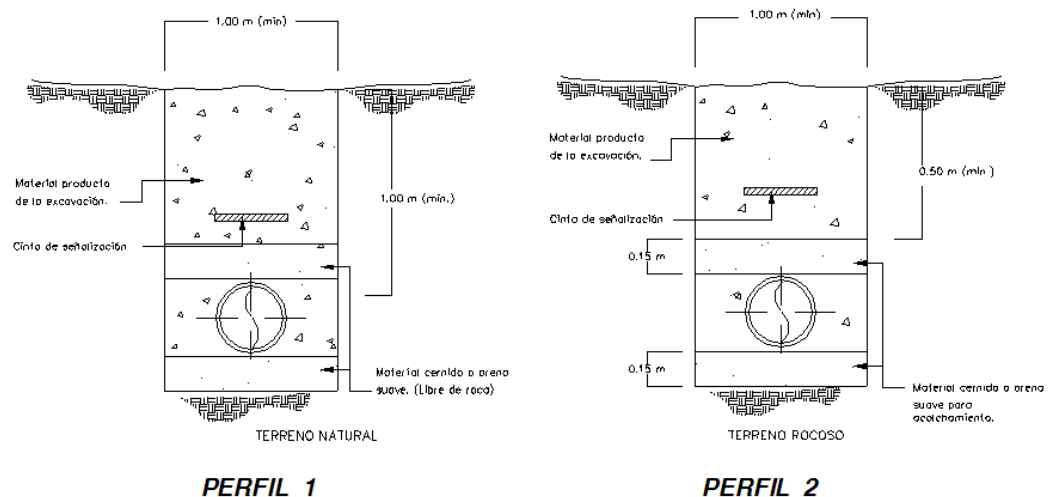
EL CONTRATISTA deberá tener en cuenta que en las instalaciones de la tubería en zonas paralelas a canales, bancos de duetos aéreos o enterrados o cualquier otra zona con características especiales en el derecho de vía podrá ser restringido, por lo tanto realizará los trabajos en los espacios que permita la entidad correspondiente que opere y mantenga la línea en operación y previa aprobación del CONTRATANTE.

En los sitios en donde se requiera, con la debida antelación, EL CONTRATISTA deberá tramitar los correspondientes permisos antes las entidades o personas encargadas de administrar los servicios de energía, acueducto y alcantarillado o teléfono de la localidad y solicitará en caso de ser necesario, para que suspendan temporalmente dichos servicios, previa coordinación con las comunidades afectadas, si durante la construcción de la obra se presentan roturas de las tuberías en servicio público, líneas eléctricas, canales de riego se deberá restaurar el funcionamiento de dichos servicios en la mejor forma posible y a la brevedad, EL CONTRATISTA deberá realizar las obras que se requieran para evitar la acumulación de agua superficial en la zanja y para impedir las inundaciones de las propiedades aledañas, igualmente será responsabilidad del consorcio mantener en las zonas aledañas a los distritos de riego la continuidad en el agua hacia los predios con sembradíos que se benefician del servicio de riego para lo cual deberá suministrar e instalar los elementos necesarios para garantizar el servicio, previa aprobación del CONTRATANTE y/o su representante.

EL CONTRATISTA suministrará y mantendrá disponible donde se requiera vías alternas para la circulación del tráfico vehicular, de igual forma sobre la zanja abierta deberá proporcionar las estructuras que permitan el paso de propietarios, equipos, personas o animales y los sistemas para garantizar el flujo de agua cuando se afecten distritos con canales de riego, zonas de correntias naturales, etc., la tierra que se saque se acordonará al lado de la zanja, este material no se podrá mezclar con la capa vegetal retirada en la apertura del derecho de vía, los desperdicios de la zanja se deberán mantener dentro de los límites del derecho de vía o en las áreas autorizadas previamente.

EL CONTRATISTA deberá emplear la señalización y demarcaciones adecuadas en los puntos donde queden pendientes empalmes, reparaciones y demás sitios donde sea necesario dejar la zanja abierta para trabajos posteriores de soldadura, con el fin de evitar accidentes.

Figura 9. Especificaciones para apertura y tapado de zanjas en línea regular



Fuente: P&P SAS

**2.7.2 Instalación de Tuberías en Zonas de Media Ladera.** EL CONTRATISTA tendrá en cuenta durante la instalación de la tubería en zonas de media ladera que esta se colocara en el derecho de vía sin ejecutar el zanjado, en el vértice compuesto por el talud de corte y la berma interna del derecho de vía. La altura de estos taludes será mayor a 2 metros para permitir que la tubería quede enterrada a la profundidad mínima requerida. La tubería se colocará en una caja de empotramiento de 0.50 metros y para su protección se recubrirá con sacos suelo cemento en proporción 5 -1 con una altura de 0.10 m. Después de recubierta la tubería con sacos de suelo cemento se procederá a tapar con el material proveniente del corte de los taludes buscando dejar estos debidamente reconvertidos hasta donde las pendientes de la media ladera lo permitan.

**2.7.3 Apertura de Zanjas en Zonas Rocosas.** EL CONTRATISTA deberá tener en cuenta durante la apertura de la zanja cuando se presente la necesidad de ejecutar la excavación en roca conglomerado, roca descompuesta o el producto de formaciones compuestas por material granular cementado, no quebrantable por pica de mano, cuya dureza y textura sean tales que no puedan excavar por métodos convencionales diferentes al trabajo manual o mecánico por medio de fracturas y cuñas, para los cuales se deberán tener en cuenta las Especificaciones del CONTRATANTE que a continuación se detalla.

Comprende la excavación en roca fuertemente litificadas que debido a su buena segmentación o alta consolidación requieren el empleo de explosivos o el uso de equipos especiales para fractura y perforación del material rocoso tales como taladros y martillos neumáticos o de percusión.

Cuando la línea de la Acometida cruce o vaya paralela a otras tuberías de gasoductos, oleoductos, u otras instalaciones subterráneas que transporten hidrocarburos líquidos o gaseosos se prohíbe el uso de explosivos y voladuras,

EL CONTRATISTA deberá tener el máximo cuidado para no dañar dichas instalaciones y tendrá en cuenta la exigencia del CONTRATANTE o la entidad que las opere para la selección de métodos a utilizar para la apertura de zanjas.

La profundidad de instalación de tubería en las zonas de excavaciones en roca tendrá un mínimo de setenta y cinco centímetros (0.75 m) medidos a la cuota superior o clave del tubo y el ancho mínimo será de cincuenta centímetros (0.50m), las áreas sobre excavaciones se deberán rellenar y conformar con material seleccionado proveniente de las excavaciones colocados y compactados según lo determine EL CONTRATANTE y/o su representante. (Ver figura 2.1).

Cuando por circunstancias especiales se presenten condiciones favorables para disminuir la profundidad de la excavación en roca el consorcio deberá obtener la autorización escrita del CONTRATANTE, ya que en cualquier caso será ella la única facultada para decidir si acepta y autoriza la disminución en la profundidad de las excavaciones en zona rocosa para la instalación de las tuberías. Solamente personal idóneo autorizado por EL CONTRATISTA y con el visto bueno de la autoridad competente podrá manejar, transportar y activar los diferentes explosivos o inactivarlos cuando se encuentren deteriorados. Se tendrán todas las normas vigentes de seguridad que rigen en cuanto a:

- ✓ Número de cargas que se puedan activar a un mismo tiempo
- ✓ Longitudes de mechas de seguridad
- ✓ Manejo de fulminantes
- ✓ Prevención en caso de tormentas eléctricas
- ✓ Cercanías de equipos de radio o teléfono
- ✓ Utilización de herramientas metálicas
- ✓ Protección contra humedad
- ✓ Almacenamiento, transporte o cualquier otra actividad relacionada con la
- ✓ Aplicación correcta de las normas de seguridad

Los materiales sobrantes de la excavaciones en roca deberán ser dispuestos en las zonas aprobadas por EL CONTRATANTE o su representante, estos se colocaran en tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de vías o de los terrenos que ocupen, ni a la estabilidad de los taludes o de los terrenos adyacentes al área de los trabajos.

EL CONTRATISTA retirará los materiales sobrantes de las excavaciones en roca los cuales deberán ser cargados en volquetas, cuando las cantidades a remover así lo ameriten cubriéndolos con lonas u otros protectores adecuados debidamente asegurados a la carrocería y transportados hacia los sitios de disposición indicados por EL CONTRATANTE o su representante. Los materiales deberán disponerse de manera que cumplan todas las reglamentaciones legales vigentes al respecto, especialmente referente a la protección del medio ambiente.

En caso de que EL CONTRATISTA decida utilizar los materiales sobrantes proveniente de la excavación en roca deberá obtener los correspondientes permisos de aprovechamientos otorgados por la autoridad ambiental competente y deberá contar por la aprobación por escrito del CONTRATANTE.

EL CONTRATISTA deberá tramitar los permisos legales pertinentes ante las autoridades competentes para la adquisición transporte, almacenamiento y utilización de explosivos necesarios para esta actividad. Los materiales de la excavación se ubican mínimo a 1 metro del borde de la zanja, al lado izquierdo del derecho de vía para evitar sobrecargas y que el material ruede nuevamente a ella provocando lesiones a las personas o daños a la tubería. Donde se considere necesario, se realizarán apiques antes de iniciar el zanjado para identificar líneas, cables eléctricos y otros existentes.

En la operación de zanjado, los taludes se construyen teniendo en cuenta el tipo de terreno. Para los zanjados en sitios especiales y / o en suelos inestables se perfila el talud en la relación necesaria de acuerdo con la calidad del suelo o se entiban si se estima conveniente para proteger al personal y evitar el colapso de la zanja. La zanja mantendrá por lo general taludes 1 H: 4V.

En los sitios donde se programen los empalmes de las lingadas, se realiza una sobre excavación que permita el ingreso seguro, en su orden del alineador, del soldador, esmerilador, radiólogo, recubridor, inspector, a la zanja para realizar la junta.

El agua proveniente de la excavación, especialmente en los cruces de los caños y ríos, se extrae con motobomba, o con retro si es posible, y su vertimiento se realiza de forma tal que cause el mínimo impacto ambiental a fa corriente superficial o áreas aledañas al DDV.

Al encontrar concreto o mortero rojo o cualquier tubería no identificada en plano se suspenden los trabajos de excavación reportando inmediatamente al supervisor encargado. Las irregularidades existentes de la base de la zanja se retiran para garantizar el asentamiento de la tubería. Las raíces y las rocas son retiradas, mínimo 20 cm por debajo de la altura de la base de zanja.

En puntos en donde la tubería tiene curva, la zanja debe ser por lo menos 30 cm. más ancha de lo normal, a fin de permitir el mejor posicionamiento de la tubería. En caso que el material de la zanja no pueda ser ubicado a la izquierda del derecho de vía, el desalojo se maneja de la siguiente manera:

- ✓ La primera capa (Suelo Superficial) se pone en montículos al lado derecho del DDV.

- ✓ La segunda capa, (Subsuelo) se pone al lado izquierdo del DDV en montículos. Si este material no puede ser puesto al lado izquierdo, se pone al lado derecho en montículos, esparcidos en el derecho de vía, que tengan una inclinación de 15° o menos.
- ✓ Como norma general, se recomienda que la zanja no permanezca abierta por más de un día (24 horas).

**2.7.4 Bajado.** Comprende todas las actividades relacionadas con el traslado de la tubería desde la superficie del terreno después del doblado, la unión con soldadura y la aplicación del revestimiento a la junta, incluida la reparación de cualquier daño del revestimiento, hasta el fondo.

La tubería deberá bajarse a la zanja de las uniones soldadas e inmediatamente después de haber sido inspeccionada con el detector de fallas de revestimientos (Holiday Detector), EL CONTRATISTA deberá realizar estas pruebas de inspección y deberá suministrar todos los equipos para efectuar dichas pruebas.

**2.7.5 Filtros Longitudinales.** EL CONTRATISTA diseñará e instalará en todos los sitios de la zanja, antes del bajado de la tubería, en donde se quiera controlar y encauzar las aguas subterráneas que atraviesan el derecho de vía de la Acometida, filtros longitudinales y transversales de manera que permitan el paso de la corriente y los drenajes sin causar inundación en la zanja o deslizamientos del terreno. En caso que este ítem no esté incluido dentro del alcance del Contrato, EL CONTRATISTA deberá presentar APU a EL CONTRATANTE para su aprobación.

Se deberá construir filtros longitudinales y transversales en los sitios donde es necesario proteger el derecho de vía y la tubería de flujo de agua subterránea

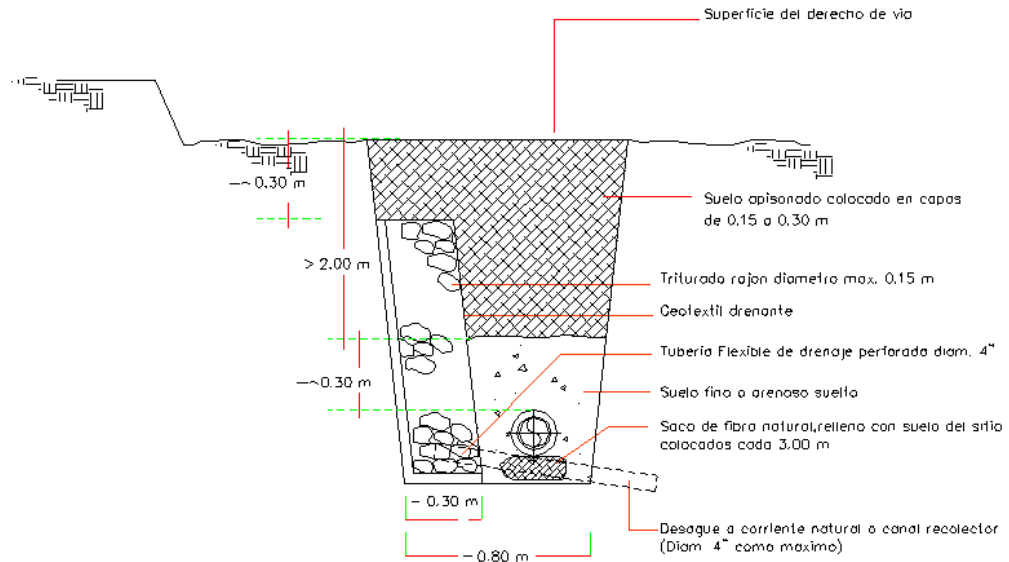
que pueden originar deslizamiento del terreno, estos drenajes se construirán de acuerdo con los diseños aprobados por EL CONTRATANTE de acuerdo a la figura 2.2 y la figura 2.3. La construcción de los filtros se realizará de acuerdo con los lineamientos de los diseños, así como la construcción de todas las obras requeridas según los diseños y las Especificaciones de EL CONTRATANTE. Las lingadas soldadas, se dejan lo más retiradas posibles del borde de la zanja para evitar sobrecargas y fallas en el talud.

El responsable de la inspección, verifica la tubería recubierta con un detector holliday para localizar y reparar los daños en el revestimiento y la libera antes de ser bajada a la zanja.

Se debe retirar el agua que haya en la zanja antes del bajado de la tubería. En zonas donde no es razonable drenar y donde el nivel freático esté por encima del fondo de la zanja se utiliza sacos fique, rellenos de tierra, para acomodar la tubería en el fondo de la zanja la cual se limpia para dejarlo libre de rocas y demás objetos extraños que puedan afectar la integridad del revestimiento y el tubo.

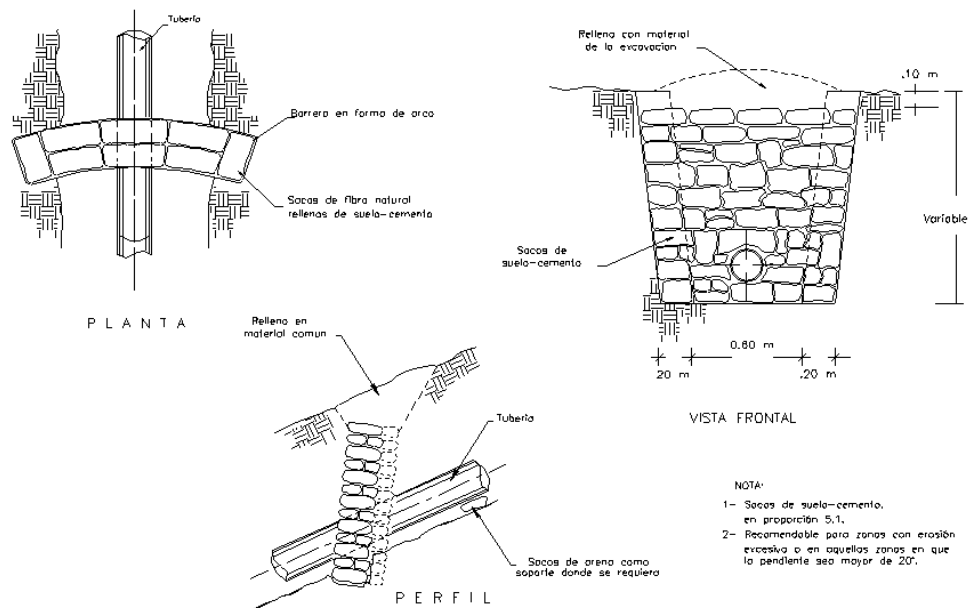
Cuando el fondo es rocoso se deposita una capa de arena o suelo de por lo menos 1.5 veces el diámetro nominal de la tubería o se colocan sacos de fique llenos de arena o suelo. El fondo debe estar nivelado para que el peso de la tubería quede bien distribuido. La operación de bajado se hace, con ayuda de Sideboom, por tramos o lingadas liberadas por parte de la inspección radiográfica y de recubrimiento, buscando siempre que el tubo quede lo más centrado posible dentro del fondo de la zanja.

Figura 10. Detalle de filtro longitudinal



Fuente: P&P SAS

Figura 11. Barrera de protección en la zanja



Fuente: P&P SAS

**2.7.6 Tapado.** Esta operación se realiza en un plazo no mayor a 24 horas sobre el tramo bajado hasta el fondo de la zanja y colocadas las barreras en los casos en que se requiera la instalación de este tipo de protección, con el fin de evitar cualquier daño en el recubrimiento y una vez que haya sido revisada y aprobada la instalación de la tubería por parte del CONTRATANTE o su representante. EL CONTRATISTA procederá a la colocación del material de relleno evitando la contaminación con materiales extraños e inadecuados y sin dejar el tubo en la zanja abierta por más de 24 horas. EL CONTRATISTA deberá tener en cuenta que antes de rellenar la zanja deberá adelantar las labores del levantamiento topográfico As-Built y la Georeferenciación de las uniones soldadas a lomo de la tubería. Antes de iniciar cualquier labor de tapado, se reconfirma que la totalidad de las juntas soldadas del tramo estén correctamente revestidas, luego de realizar todos los ensayos de pruebas no destructivas.

El tapado se realiza utilizando el mismo material que fue retirado en el momento de hacer la zanja. Cuando el material es grueso contiene rocas o partículas duras que ocasionen daños al revestimiento, se hace un pretapado, para protección con material fino seleccionado del proveniente de la excavación, hasta una altura de 0.15 cm sobre la cota clave del tubo, el relleno deberá ser medianamente compactado, posteriormente se pueden incluir los objetos duros separados anteriormente.

El relleno deberá ser terminado acordonando el material, de manera que la parte superior de dicho cordón quede veinte (20 cm) a treinta (30 cm) centímetros por encima del nivel del terreno adyacente de conformación abovedado, apisonándolo o compactándolo mecánicamente con un mínimo de cuatro(4) pasadas de la oruga de un equipo pesado previamente, en todo caso el grado de compactación requerido aquel que garantice que no se presenten asentamientos, cárcavas o deslizamientos después de haber realizado el

tapado y reconformación, ya que en caso de presentarse el Consorcio estará obligado a reconformar nuevamente el asentamiento o cárcava.

El tapado de la zanja cuando el trazado atraviese por zonas de berma o carretera y en zonas urbanas se deberá compactar con equipo manual (vibrador o rana) en capas no mayores de treinta (30 cm) centímetros de espesor y alcanzando como mínimo densidades de compactación del 95% del proctor modificado. EL CONTRATISTA deberá tener en cuenta las recomendaciones dadas por el estudio Geotécnico, así como las condiciones de vulnerabilidad sísmica del proyecto en cuanto a la colocación del material para el tapado de las zanjas, ya que no habrá lugar a reclamación por este concepto.

EL CONTRATISTA suministrara la cinta de señalización y prevención la cual deberá instalarse con el tapado, a todo lo largo del gasoducto a treinta (30 cm) por debajo de la cota inicial del terreno y sobre el eje de la tubería con la leyenda de proyección hacia arriba, es decir a una profundidad intermedia entre la rasante y el tubo, con el fin de prevenir a las personas que eventualmente realicen excavaciones en el derecho de vía sobre la presencia de la acometida.

EL CONTRATISTA deberá instalar la cinta de señalización en los cruces especiales tales como corrientes y zonas inundadas, cenagosas o pantanosas a máximo sesenta (60 cm) centímetros por debajo del fondo de la corriente o la máxima profundidad que alcance el lecho natural del cauce en el momento de ejecutar el cruce y sobre el eje de tubería, con la leyenda de protección hacia arriba, cuando sea practico y las condiciones lo permitan, la cinta será en un color que favorezca su visibilidad en un material no degradable y deberá llevar impresa una leyenda alusiva al peligro de escavar en el área por la presencia de la tubería y los teléfonos a los cuales se deberá comunicar para obtener información o ayuda.

## 2.8 PROCEDIMIENTO DE REVESTIMIENTO DE SUPERFICIES

Antes de continuar con la descripción del procedimiento de revestimiento de superficies se realizarán unas definiciones previas, a saber:

Primera, Base Anticorrosiva o Imprimante: Producto que se aplica como primera capa de un sistema de pintura y que cumple una o varias de las siguientes funciones: mejorar la apariencia, el rendimiento y la adherencia de las capas de acabado y proteger contra la corrosión.

Intermedia o Barrera: Es una capa de refuerzo que proporciona mejoras en las propiedades físicas, mecánicas y químicas del recubrimiento y que se aplica sobre la base anticorrosiva.

Acabado: Capa final en un sistema de pintura.

MIL (S): Milésima de pulgada, equivalente a 25 micrones

La preparación y aplicación de pintura estará de acuerdo con lo descrito en este procedimiento y de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de pinturas. Esta Especificación aplica a pintura en taller, así como, pintura en sitio. EL CONTRATISTA deberá entregar para verificación y aprobación del CONTRATANTE, los equipos e instrumentos de inspección y pruebas a ser utilizados durante los trabajos de preparación y protección de superficies metálicas (termómetro, higrómetro, rugosímetro, holliday, medidor de espesor seco y húmedo, etc.).

EL CONTRATISTA debe realizar los retoques necesarios a estos equipos, ya que por condiciones de transporte y/o manejo, estos equipos pueden llegar a sufrir deterioro y/o maltrato. Los equipos a reutilizar deben ser limpiados

completamente por EL CONTRATISTA. A estos equipos se les debe aplicar el sistema de pintura completo, de acuerdo con esta especificación. EL CONTRATISTA es responsable por la aplicación y el suministro de todo el material, pero, sin limitarse a: bases anticorrosivas, pinturas de barrera, pinturas de acabado, disolventes, pistolas, brochas, estopa, herramientas y equipos para los trabajos de pintura, instrumentos de medición y control de calidad, andamios, elementos de seguridad, mano de obra, etc., y todo lo que sea necesario para la ejecución de las labores de pinturas en equipos estáticos, rotativos y especiales.

EL CONTRATISTA debe tomar las precauciones y medidas que fuesen necesarias para mantener las áreas de trabajo limpias y en orden, tomar todas las medidas necesarias para asegurar a protección de todo el personal, la maquinaria y los materiales durante la ejecución de los trabajos. Antes de iniciar cualquier trabajo inherente a este contrato, EL CONTRATISTA consultará con EL CONTRATANTE y se asegurará que la documentación pertinente que tiene en su poder está completa y actualizada.

EL CONTRATISTA se responsabiliza de ejecutar cualquier obra adicional no prevista, cuando esto fuera necesario solicitará aprobación por parte del CONTRATANTE.

### **2.8.1 Superficies que no Serán Revestidas.**

- ✓ Las superficies que estarán en contacto con concreto o morteros tales como revestimientos contra incendio o refractarios no deberán pintarse, excepto donde se especifique lo contrario.
  
- ✓ Excepto donde se especifique, no se requerirá pintura o revestimientos protectores para metales no ferrosos o superficies de acero revestidas con metales no ferrosos.

- ✓ Aceros inoxidables austeníticos.
- ✓ Las superficies inferiores de planchas base en contacto con concreto o morteros.
- ✓ Las placas de identificación y las superficies mecanizadas no deberán ser limpiadas con chorro, limpiadas con baño químico o pintadas.
- ✓ Superficies revestidas con cadmio, plomo o zinc.
- ✓ Las superficies de contacto de ensamblajes unidas por medio de pernos de alta resistencia.
- ✓ Cubierta de acero galvanizado, aluminio o acero inoxidable para aislamiento.
- ✓ Materiales plásticos y cubiertos con plástico.
- ✓ Roscas de pernos y tuercas.

**2.8.2 Superficies a Ser Protegidas.** Las superficies sin revestimiento diferentes de aquellas especificadas en el punto anterior deberán pintarse según el programa de pintura implementado para el proyecto.

**2.8.3 Especificación de Materiales.** Los revestimientos de fondo, intermedios y de acabado para cualquier sistema deben ser del mismo fabricante, con el fin de garantizar la compatibilidad, excepto que se indique lo contrario.

EL CONTRATISTA contará con los equipos e instrumentos que garanticen las condiciones de operación que se especifican. También debe seguir estrictamente el procedimiento de aplicación y las recomendaciones de los

fabricantes de las pinturas suministradas en cuanto a humedad relativa máxima, punto de rocío, temperatura ambiente máxima de aplicación, temperatura del metal, máxima característica de limpieza del aire a utilizar, características y presión de los equipos de preparación y de aplicación, diluciones máximas permitidas, tiempo de inducción, tiempo de secado, tiempo de curado, tiempo entre manos y las demás que se requieran para una óptima aplicación, además deberá suministrar la hoja de datos de los productos a aplicar.

Sí la aplicación se hace en estaciones o en zonas urbanas, debe utilizar un sistema (domos, cortinas de separación, etc.) para separar el área de trabajo de las demás áreas para evitar la contaminación por residuos de abrasivo y pintura. Si el contenido de cloruros y de sulfatos determinado en la calificación del procedimiento de preparación y aplicación está por encima de lo permitido por la norma SSPC correspondiente, debe efectuar tratamiento químico para eliminar estas sales solubles.

EL CONTRATISTA debe disponer de los equipos e instrumentos necesarios para efectuar el “arenado y/o el granallado”, y para tomar, controlar y registrar (mientras duren los trabajos) entre otros los siguientes parámetros:

- ✓ Temperatura y humedad relativa, lecturas cada hora, durante el “arenado y/o el granallado” y la aplicación de la pintura.
- ✓ Temperatura de la superficie que se va a pintar; una lectura cada dos tubos antes de aplicar la pintura.
- ✓ Perfil de anclaje.
- ✓ Espesor de película húmeda de pintura (cuatro lecturas cada dos tubos).

- ✓ Espesor de película seca de pintura (dos lecturas cada tubo).
- ✓ Adherencia de la película de pintura, 48 horas después de aplicada, dos lecturas sobre cada cinco tubos, según ASTM D4541.
- ✓ Calificación por inspección visual de cada uno de los tubos, 48 horas después de pintados.
- ✓ Continuidad eléctrica por el método de esponja húmeda en cada tubo después de aplicar la pintura de acabado.
- ✓ Se deben llevar registros del tipo de defectos que se encontraron y de las reparaciones de pintura que se efectuaron.
- ✓ Verificación de la no presencia de sales solubles en la superficie metálica, una vez diaria sobre el área a pintar, previa al inicio de la aplicación de la pintura.
- ✓ Rugosidad, seis (6) lecturas por área preparada diariamente, las cuales deben ser medidas con rugosímetro.
- ✓ Espesor de la película seca de la pintura de imprimación, de imprimación más barrera y del sistema total, lecturas en las posiciones horarias 12, 3, 6 y 9 de la tubería, cada 6 metros.
- ✓ Adherencia de la película seca de la pintura de imprimación y de la pintura de imprimación más la de acabado, lectura en las posiciones horarias de las 12, y las 6 de la tubería cada 25 metros, según la norma ASTM 4541 última versión.

- ✓ Calificación por inspección visual y continuidad eléctrica por el método de esponja húmeda a toda la tubería, después de aplicar la pintura de imprimación, de imprimación más barrera y del sistema total.

La inspección por parte de LA INTERVENTORÍA no releva a EL CONTRATISTA de su responsabilidad para cumplir con la calidad de la preparación de las superficies y de la aplicación de las pinturas de acuerdo con las normas indicadas y las presentes especificaciones. Todos los trabajos de preparación de superficies y protección de las mismas junto con los certificados de las pruebas realizadas, deberán ser aprobados por la dependencia de Control de Calidad de EL CONTRATISTA antes de ser sometidos a aprobación e inspección por parte del CONTRATANTE.

Todo trabajo rechazado por defectos en la preparación de las superficies en el material, en la aplicación de las pinturas o en el transporte, deberá ser reparado y/o sustituido por EL CONTRATISTA a su costo. También debe efectuar las reparaciones de las áreas rechazadas y las de las pruebas de verificación, máximo 24 horas después de recibir el reporte escrito del CONTRATANTE. EL CONTRATISTA debe repetir por su propia cuenta y a su costo, las pruebas adicionales cuya ocurrencia sea requerida para corregir eventuales fallas encontradas durante la aplicación de las pinturas.

EL CONTRATISTA debe ser responsable por la calidad del revestimiento final. La calidad de la mano de obra debe ser competente y entrenada, con lo que se garantizará un trabajo confiable, seguro y oportuno. También suministrará todo el equipo “auxiliar” necesario para protección contra el clima, andamios, etc. para garantizar el trabajo de pintura.

Conexión a tierra del equipo y precauciones para prevenir que se origine electricidad estática: EL CONTRATISTA debe velar por la protección de todos

los equipos, estructuras y cualquier otra área aledaña a los trabajos, contra daños mecánicos, daños ocasionados por abrasivos, goteo de pintura o sobre rociado, entre otros. Ejemplos de áreas que se protegerán son: los ejes de las válvulas, instrumentos de presión con frente de vidrio, instrumentos, accesorios de alumbrado, maquinaria incluyendo generadores, compresores, bombas, etc., o tuberías de acero inoxidable, rejillas, mesas y tableros de control, placas de identificación de equipos, o cualquier área de la estructura que no se esté pintado en ese momento.

EL CONTRATISTA debe efectuar los siguientes ensayos y registros diarios, siguiendo los parámetros fijados en la última versión del Manual de Inspección de Revestimientos y Pinturas de la Steel Structures Painting Council (SSPC), Publicación SSPC No. 91-12:

- ✓ Caracterización físico-química del abrasivo (arena y/o granalla) utilizado para la preparación de superficie. Tomar un muestreo por lote.
- ✓ Llevar los registros del tipo de defectos encontrados, de las reparaciones efectuadas y del consumo de pintura.
- ✓ Presentar a EL CONTRATANTE informes escritos semanales de estos registros y de los resultados de los ensayos y pruebas, así como el informe final incluyendo el correspondiente registro fotográfico y presentando los registros de los resultados de las pruebas en medio magnético.

EL CONTRATISTA es responsable de la disposición final de materiales, insumos y residuo generados, hasta el sitio definido previamente por EL CONTRATANTE. También debe suministrar todos los materiales de limpieza, herramientas, facilidades en la obra, servicios de transporte y supervisión competente. Mantener las instalaciones del taller, herramientas y equipos en

buenas condiciones y limpios. Las pistolas de rociado, brochas, rodillos, potes de pintura y cosas semejantes deben limpiarse con regularidad y estar perfectamente acondicionados para su uso.

**2.8.4 Preparación de las Superficies.** El método que se vaya a utilizar para la preparación de las superficies debe ser totalmente compatible con el imprimante usado, y se debe usar lo más exigente entre lo recomendado por los fabricantes de las pinturas y lo indicado en estas especificaciones. Todas las superficies que van a ser pintadas deben estar completamente libres de grasas, residuos, aceite, incrustaciones escorias de soldadura, calamina, óxido y cualquier material extraño. La labor de preparación de las superficies será recibida y aprobada por EL CONTRATANTE, previo a la aplicación del imprimante.

Los grados de preparación de las superficies deben cumplir con NACE TM 01 70/75 o con las Normas del Comité de Pintura de Estructuras de Acero (SSPC). Todas las hendiduras, esquinas y puntas del acero perfilado, uniones de planchas de acero, especialmente alrededor de cabezas de pernos, cordones de soldadura, etc. deben limpiarse con especial cuidado. Las superficies metálicas deben estar libres de grasas o hidrocarburo, antes del inicio del sandblasting. El sandblasting no debe ser realizado en días lluviosos o en superficies con condensación. El sandblasting debe ser seguido de una limpieza con aire seco mediante un compresor del tipo libre de aceite. El aire comprimido debe estar libre de agua condensada o aceite. Las superficies terminadas deberán limpiarse con cepillo de pelo, cerda o fibra, soplarse con aire comprimido o limpiarse por vacío con el propósito de remover las trazas de los productos de la limpieza con chorro de arena.

La base anticorrosiva (primer) debe ser aplicada el mismo día en que el sandblasting haya sido realizado, de otra manera el acero debe ser pasivado.

EL CONTRATISTA debe presentar para evaluación y aprobación del CONTRATANTE, procedimiento de pasivación química del acero. Todas las superficies preparadas deben ser recubiertas el mismo día y antes de que se presente óxido visible de nuevo. Las superficies limpias que se dejen sin recubrir durante una noche o durante un período en el que llueva, deben ser re limpiadas antes de recubrirlas. El tiempo máximo que puede transcurrir entre la terminación de la limpieza y la aplicación de la primera capa de pintura o el recubrimiento es de 2 horas. En las superficies en donde se forme herrumbre por no pintarse a tiempo, deberá hacerse nuevamente la limpieza con chorro de arena hasta alcanzar el grado requerido.

Las marcas de pintura para la identificación de materiales deben removerse completamente antes del pintado final. Donde se haya especificado limpieza con chorro, la cual resulte impráctica para trabajos de reparación, puede aplicarse un método alternativo (herramientas eléctricas o herramientas de mano) siempre y cuando la superficie se limpie con la misma calidad que se esperaría de la limpieza con chorro y que los perfiles de anclaje sean los adecuados para la aplicación de la base anticorrosiva.

Las superficies que se limpiarán con chorro de arena, deben estar perfectamente secas y la arena utilizada deberá ser dulce, lavada, con alto contenido de sílice, libre de barro, tierra y materias extrañas que puedan afectar su aplicación. EL CONTRATISTA debe presentar a EL CONTRATANTE, certificado de calidad de la arena empleada, para garantizar que el material empleado cumple con las especificaciones y requerimientos. Se debe utilizar arena libre de arcilla y que por sus características se logren los perfiles de anclaje especificados. No se permite utilizar arena reciclada del proceso de preparación de superficies. El máximo tamaño de partícula debe pasar el tamiz # 16. EL CONTRATISTA deberá verificar el perfil de anclaje que deberá estar

entre 2.5 y 3 mils. También deberá realizar un reporte de inspección visual de la superficie metálica a proteger.

**2.8.4.1 Restricciones de la Preparación.** No se autoriza la preparación de superficies cuando alguno(s) de los siguientes eventos se presente(n):

- ✓ La temperatura ambiente es menor de 5°C (41°F).
- ✓ La humedad relativa supera el 85 %.
- ✓ La temperatura superficial del material es menor a 3°C.

**2.8.5 Pintura.** La pintura deberá estar de acuerdo con lo establecido en esta especificación para cada sistema en particular. EL CONTRATISTA debe seguir las recomendaciones de los fabricantes de las pinturas y de los recubrimientos. Todos los productos a utilizar deben tener su certificado de calidad. En caso de ser importados, estos, deben tener el certificado de importación, acompañada de hoja de datos y su respectiva hoja de seguridad.

No podrán aplicarse pinturas o recubrimientos con temperatura y humedad del ambiente que estén por fuera de las recomendaciones del fabricante o que puedan llegar a ocasionar abombamiento, desprendimiento o porosidad o cualquier defecto que disminuya la vida útil normal de las pinturas y/o los recubrimientos. No se deberá aplicar ninguna pintura cuando la temperatura atmosférica sea menor de 41°F, o mientras la superficie que va a ser pintada esté por encima de los 150°F.

Las capas de pintura aplicadas sobre otras, no podrán efectuarse sino hasta que la anterior se encuentre completamente seca y curada apropiadamente. La superficie pintada solo se considerará lista para aplicar la siguiente capa de pintura cuando ésta se pueda aplicar sin que se presente irregularidad en la capa de pintura, tales como, desprendimientos o pérdidas de adherencia, sin

embargo, el lapso de tiempo mínimo o máximo de curado y de secado será el recomendado por los fabricantes de las pinturas y será el apropiado para aplicar una capa de pintura sobre otra. Las superficies que se pinten deben ser protegidas hasta el máximo practicable contra los efectos de la lluvia, la condensación y la contaminación hasta que la capa de pintura se encuentre seca. EL CONTRATISTA no podrá proceder a la aplicación de alguna pintura en presencia de lluvia, neblina, rocío o superficie húmeda.

Las capas de pintura aplicadas una sobre otra, deben ser de distintos colores, sin embargo, si las pinturas son originalmente de igual color las capas de pintura deben ser tinturadas alternativamente para producir suficiente contraste y así asegurar el cubrimiento completo, según lo indicado en los esquemas especificados. La capa final de pintura o de acabado no podrá ser tinturada. La tintura debe ser compatible con la pintura aplicada y no debe causar deterioro de las propiedades de la misma, ni de su vida útil.

Cuando el espesor especificado de la pintura no sea obtenido mediante la aplicación de una capa de pintura, deben aplicarse capas subsiguientes hasta que se obtenga el espesor indicado en las especificaciones. El espesor aplicado por cada capa no debe afectar la apariencia ni las propiedades y/o la vida útil de la pintura. Todas las pinturas deben aplicarse de tal forma que el acabado sea uniforme en cuanto al color, textura y apariencia. El acabado debe estar libre de arrugas, fisuras y marcas excesivas de las brochas o de los rodillos. Cualquier deficiencia en estos aspectos debe ser corregido por EL CONTRATISTA a su propio costo.

Las superficies metálicas que tengan la capa de imprimante aplicada en el taller de fabricación o de prefabricación, tendrán que ser reparadas en el sitio de su instalación o montaje, en la forma como sea necesario para restituir su condición inicial, antes de aplicar las capas de pintura subsiguientes y de

acabado. La pintura puede aplicarse con sistema spray, con rodillo o con brocha, asegurando en todos los casos un espesor uniforme. Todos los equipos e instrumentos que no se vayan a pintar deben ser enmascarados y/o protegidos adecuadamente. Las placas de identificación de las válvulas, equipos, etc., deben ser también protegidas. Todos los equipos deben ser marcados con el tag correspondiente, de acuerdo con lo estipulado en esta especificación.

**2.8.5.1 Generalidades de Protección.** Todas las pinturas o recubrimientos usados en esta construcción deberán ser de una sola marca. El procedimiento de aplicación será el indicado por el fabricante. En los recipientes deberán estar claramente establecidos detalles como: el nombre del fabricante, información de condiciones especiales de almacenamiento. Todos los materiales deberán ser entregados en el sitio de trabajo en los contenedores sellados de fábrica. Cada contenedor debe estar marcado por el fabricante con el nombre del fabricante, número, color y número de lote. La pintura deberá almacenarse bajo cubierta y permanecer en estos contenedores hasta el momento de su uso y con el visto bueno del CONTRATANTE.

Todas las pinturas e imprimantes deberán ser aplicadas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la pintura. El equipo eléctrico y sus accesorios que tengan un acabado de fábrica no necesitarán pintura adicional en el campo. Para los propósitos de esta especificación, la tubería suministrada con una capa de almacenamiento, se debe considerar sin recubrimiento. Después que la operación de pintura o recubrimiento sea terminada en un área, todas las herramientas, desechos y andamios, generados por la operación de pintura, deberán ser removidos. Esto también incluirá quitar la pintura derramada accidentalmente, a superficies u objetos que hayan sido manchados y que no requieran pintura.

Todas las superficies deberán estar secas antes de la aplicación de la pintura o el recubrimiento. No se deberá aplicar pintura o recubrimiento con lluvia, niebla, humedad o tormentas de polvo, o cuando la humedad relativa sea tanta que se considere que una superficie no deba ser pintada a causa de la condensación. Las placas de identificación, accesorios de luz y otros artículos que no requieran pintura, deberán ser removidas o protegidas adecuadamente antes de pintar. Estos artículos tendrán que ser regresados a su posición original. Las pinturas y los imprimantes podrán ser aplicados con brochas, rodillos o compresores de aire.

Si EL CONTRATISTA aplica la pintura o el imprimante con compresor deberá controlar que el espesor de la pintura no sobrepase el especificado. Todos los trabajos relativos a pintura, deben considerar las condiciones críticas de alta humedad relativa, alta temperatura y la influencia de los diferentes procesos químicos que se llevan a cabo en las diferentes plantas, causantes de altas velocidades de corrosión medidas sobre superficies de acero.

**2.8.5.2 Tubería.** La tubería suministrada deberá estar normalmente libre, de aceite protector o laca. La superficie del tubo deberá también estar libre en lo posible de escarchas, laminaciones, desechos y defectos similares.

EL CONTRATISTA deberá inspeccionar y limpiar la superficie exterior del tubo de acuerdo con SSPC SP-1 para remover aceite y depósitos adheridos. Los aceites y grasas deberán ser removidos por medio de un solvente totalmente volátil, no inflamable, y no perjudicial al medio ambiente.

La limpieza y revestimiento del tubo deberá efectuarse de acuerdo con este estándar y a plena satisfacción del CONTRATANTE.

EL CONTRATISTA limpiará la superficie exterior del tubo por medio de chorros de arena y granalla a presión "abrasive-blasting" hasta acabado de metal casi blanco de acuerdo con la norma NACE TM-01-75 ó SSPC SP-10. Este chorro de arena deberá producir un perfil de superficie con anclajes no menores de 2.5 mils, ni mayores de 3.5 mils, según la "tabla de abrasivos" del anexo de la SSPC SP-10. La mezcla correcta de arena y granalla para llegar a este perfil, y el método para medir este perfil, deben ser revisados por EL CONTRATANTE antes de iniciar labores.

Después de limpiar el tubo por este método, cualquier protuberancia, astillas, o fragmentos de granalla o arena, los cuales podrían afectar la calidad del revestimiento, deberán removerse efectivamente de la superficie del tubo. Las imperfecciones que permanezcan en la superficie tales como escamas, protuberancias, escarchas, residuos de soldadura, laminaciones en la superficie, etc., podrían removerse puliendo la superficie, garantizando que el espesor de pared restante sea medido por un calibrador electrónico de espesores y cumpla con los requisitos mínimos de espesor del API-5L. El método de limpieza podría variar con el aplicador y podría incluir prelavado y/o decapado siempre y cuando cuente con la aprobación del CONTRATANTE.

Las áreas sujetas a pulimento se deberán limpiar con el chorro de arena nuevamente antes de aplicarles el revestimiento. Al aplicarse limpieza con chorro de arena, el operario deberá estar provisto de su respectivo equipo de seguridad.

Si, EL CONTRATANTE considera que el perfil de la superficie ha sido afectado por el proceso de remoción de defectos, el perfil de la superficie deberá restaurarse antes de la aplicación del revestimiento.

Después de las operaciones de limpieza y preparación de la superficie, el interior y exterior del tubo se deberá limpiar de residuos de granalla/arena y otros contaminantes, mediante aire a presión o por limpieza al vacío. Esta operación final de limpieza deberá ser controlada para asegurar que ningún contaminante, tal como compuestos clorados los cuales afectarían la calidad del revestimiento, sea introducido a la superficie del tubo.

Se deberán cubrir completamente los extremos biselados y sus secciones adyacentes a 3 pulgadas durante las operaciones de limpieza y revestimiento y se deberán proteger adecuadamente por daños mecánicos en todo momento.

Las superficies del tubo que no sean aceptadas por EL CONTRATANTE para aplicación del revestimiento se limpiaran nuevamente sin costo alguno para EL CONTRATANTE.

El tubo limpiado por el método de limpieza "Blast cleaned" chorro de arena/granalla se deberá proteger de la corrosión o contaminación y si no es revestido dentro de una (1) hora después de haber sido limpiado, se deberá repetir el proceso de limpieza completamente con chorro de arena/granalla antes de la aplicación del revestimiento. La limpieza por chorro de arena/granalla no se deberá realizar a temperaturas ambiente por debajo de 41°F, cuando la humedad relativa sea mayor del 85% o cuando la temperatura de la superficie del metal sea menor de 5°F por encima del punto de rocío.

Se deberán conservar los números de identificación del tubo durante todo el proceso.

Cuando sea determinado por EL CONTRATANTE, se deberán calentar los tramos del tubo antes de la limpieza por el método de chorro de arena/granalla.

Una vez establecida la estabilidad de la mezcla de limpieza, se deberá mantener con adiciones pequeñas y frecuentes de acuerdo al consumo; se deberán evitar adiciones grandes de material.

**2.8.5.3 Estructuras Metálicas** La superficie metálica se debe limpiar manual o mecánica con gratas de alambre de acero o lija, hasta dejarla libre de escamas de óxido o material extraño. Es necesario remover toda pintura, protección temporal o recubrimiento antiguo, escamas de laminación, aceite, grasa, humedad, polvo, lodo y escoria de soldadura. El grado de limpieza debe ser igual al especificado por el “Stell Structure Painting Council” como Grado SP-6 o por la “National Association of Corrosion Engineers” como Grado NACE TM-01-70 o NACE TM-01-75.

La limpieza se puede realizar con máquina de limpieza con chorro de arena o granalla metálica, quemadores, removedores de pintura, baños cáusticos, herramientas manuales, solventes y trapos. En las limpiadoras mecánicas se debe reemplazar oportunamente la cuchilla, raspador o cepillo de alambre para evitar que se deteriore de forma tal que la limpieza no sea efectiva y uniforme. La tensión de las cuchillas raspadores y cepillos de alambre se debe ajustar periódicamente. En las máquinas de limpieza a chorro se debe usar filtros para retener el aceite y la humedad que pueda contener el aire comprimido. Después de la limpieza, la superficie metálica se debe mantener libre de aceite, grasa, polvo, mugre y humedad. El aceite y la grasa se deben remover con trapos y estopas empapados en diluyente para imprimante. El polvo y la mugre se eliminan con plumeros apropiados o mediante el uso de aire seco limpio. La humedad se retira con aire caliente o mediante calentamiento con soplete siempre y cuando no quede ningún residuo sobre la superficie. EL CONTRATISTA deberá obtener el visto bueno del CONTRATANTE antes de aplicar el imprimante.

**2.8.6 Procedimiento para la Aplicación de la Protección.** En el caso de protección de tuberías y accesorios, el procedimiento de aplicación de la pintura o el recubrimiento dependerá del sitio de instalación y el tipo de recubrimiento con que ya cuente la misma; en este caso tubería que se localizan aéreamente y no cuenta con ningún tipo de pintura.

**2.8.6.1 Requisitos Mínimos.** Solamente se aceptan pinturas homologadas por EL CONTRATANTE o por una entidad de reconocida autoridad internacional en control de corrosión atmosférica. El fabricante de la pintura seleccionada debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Antes de iniciar los trabajos, presentar la certificación de los ensayos y análisis que se le hicieron en fábrica a cada uno de los lotes de la pintura a aplicar.
- ✓ Presentar resultados de ensayos de exposición en ambiente simulado a los rayos U.V donde se verifique la resistencia del poliuretano alifático a la degradación por los rayos ultravioletas solares.
- ✓ Solamente se aceptan las pinturas que cumplen con el tipo genérico especificado y que estén dentro del listado actualizado homologado por EL CONTRATANTE.
- ✓ Garantizar formalmente la asistencia técnica permanente y prestarla durante la ejecución de este trabajo.
- ✓ Presentar un plan de trabajo donde se indique el tipo de ensayos a efectuar y equipos a utilizar y la hoja de vida del personal técnico que va a prestar esta asistencia técnica.

Presentar el procedimiento para la aplicación de la pintura y para la calificación de los 'sandblasteros' y de los pintores, teniendo en cuenta las recomendaciones mínimas dadas en esta especificación.

**2.8.7 Inspecciones y Reparaciones.** Después que la superficie haya sido pintada, se debe hacer una inspección del espesor y de la continuidad y proceder a efectuar las reparaciones que sean necesarias. El espesor se medirá con un medidor de espesor por punsión ("Pit Gate") perforando el recubrimiento y los refuerzos hasta alcanzar el metal y bajando la placa del medidor hasta tocar la superficie externa del recubrimiento; la perforación hecha en el recubrimiento se debe reparar. También es posible utilizar un medidor de espesor de tipo magnético el cual mide sin perforar el recubrimiento.

Hay que observar el tamaño del daño; cuando se trate de daños menores de diez (10) cms<sup>2</sup>. No es necesario re-imprimir; para hacer la reparación basta con aplicar pintura al espesor requerido. Cuando se trate de daños más grandes es necesario remover el material desprendido si lo hay, limpiar hasta la base metálica raspando con un cepillo de alambre y re-imprimir; si los daños son muy extensos puede ser necesario aplicarlo nuevamente todo. El procedimiento de prueba y reparación debe repetirse cuantas veces sea necesario hasta que la prueba con el detector no muestre falla alguna.

**2.8.8 Sistema de Protección para Superficies Aéreas.**

- ✓ Superficies exteriores: limpieza con chorro abrasivo según norma SSPC-SP10, con un perfil de anclaje de 2,5 a 3,5 mils.
- ✓ Recubrimiento base: imprimante epóxico fosfato de cinc a un espesor de 3 a 4 mils.
- ✓ Recubrimiento de barrera: barrera epóxico a un espesor de 3.5 a 4 mils.
- ✓ Recubrimiento de acabado: esmalte uretano a un espesor de 1,5 a 2 mils.

**2.8.9 Sistemas de Recubrimientos para Protección de Elementos Estructurales Fabricados en Acero al Carbono.** Teniendo en cuenta que estos elementos o equipos pueden ser expuestos en ambientes con diferentes grados de agresividad, se tienen las siguientes alternativas:

**2.8.9.1 Sistema Epóxico.** Recomendado para ambientes agresivos con presencia de humedad, cloruros, chorreos y derrames de una amplia gama de productos químicos corrosivos y disolventes lo mismo que productos derivados del petróleo.

- ✓ Preparación de superficies: limpieza con chorro abrasivo a grado comercial según norma SSPC-SP6 o como mínimo limpieza manual y mecánica según normas SSPC-SP2 y SP3 (sobre todo en aquellas zonas donde es imposible realizar preparación de superficie con chorro abrasivo).
- ✓ Recubrimiento base: imprimante epóxico fosfato de cinc a un espesor de 3.5 a 4 mils en película seca.
- ✓ Recubrimiento de barrera: barrera epóxica a un espesor de película seca de 3.5 a 4 mils.

Recubrimiento de acabado: esmalte epóxico a un espesor de 2.0 a 3,0 mils en película seca.

**2.8.9.2 Sistema Epoxi-Uretano.** Ambientes en los cuales los equipos o elementos protegidos estén expuestos a rayos solares o presencia de rayos UV y atmósferas industriales con alta contaminación.

- ✓ Preparación de superficies: limpieza con chorro abrasivo según norma SSPC-SP6 o como mínimo limpieza manual y mecánica según normas

SSPC-SP2 y SP3 (sobre todo en aquellas zonas donde es imposible hacer sandblasting).

- ✓ Recubrimiento base: imprimante epóxico fosfato de cinc a un espesor de 3 a 4 mils en película seca.
- ✓ Recubrimiento de barrera: barrera epóxica a un espesor de 3.5 a 4.0 mils en película seca.

Recubrimiento de acabado: esmalte uretano a un espesor de 2.0 a 3.0 mils en película seca.

**2.8.9.3 Sistema Alquídico.** Recomendado para ambientes de agresividad intermedia. Resistente al ataque mecánico (moderado), intemperie, ambientes con presencia de grasa y humos industriales.

- ✓ Preparación de superficies: limpieza manual y mecánica según normas SSPC-SP2 y SP3.
- ✓ Recubrimiento base: imprimante alquídico fosfato de cinc a un espesor de 2.5 a 3.0 mils en película seca.

Recubrimiento de acabado: esmalte alquídico a un espesor de 2 a 3 mils en película seca.

**2.8.10 Sistemas de Recubrimientos para Equipos o Elementos que Están Sometidos a Temperaturas Hasta de 210 °C.** Sistema de recubrimientos aplicado sobre superficies metálicas que se hallan expuestas a temperaturas hasta de 210 °C.

- ✓ Preparación de superficie: obtener limpieza grado metal blanco SSPC-SP5 según Norma de la Steel Structure Painting Council o Norma Técnica Colombiana NTC 3895 o similares (Nace, Norma sueca SIS.).
- ✓ Cubrir lo antes posible con el imprimante para evitar que se contamine nuevamente el área limpia con sulfuros, humedad, cloruros, grasas, etc.

Sistema de Recubrimiento: aplicar dos capas de epoxifenólico a un espesor de película seca de 180 a 200 micrones (7 a 8 mils). El tiempo entre capa y capa debe ser de 24 horas como mínimo o de 72 horas como máximo.

**2.8.11 Color Final.** El color de final de identificación de las diferentes superficies a pintar estará de acuerdo a *BS 1710 Identification of Pipelines and Services*.

**2.8.12 Control de Calidad.** Los colores de la capa de acabado de los sistemas de pintura deberán estar de acuerdo con el “Código de Colores” suministrado por EL CONTRATANTE. EL CONTRATISTA debe presentar un certificado por cada tipo de pintura que se haya programado, el cual debe contener al menos los siguientes datos: Nombre del fabricante, la referencia comercial de la pintura, los componentes principales y la composición físico-química de la pintura. También debe suministrar las pinturas en el sitio del trabajo, en envases sellados de fábrica. Cada envase tendrá por lo menos los siguientes datos: nombre del fabricante, referencia de la pintura y color.

EL CONTRATISTA es responsable por conservar las pinturas en sus envases originales sellados en cuartos de almacenamiento debidamente adecuados para tal fin y emplear la pintura de fácil deterioro dentro de los días establecidos por el fabricante. Cada pintura debe ser inspeccionada antes de ser usada, para verificar que no haya sufrido alteraciones. Para cada uno de los productos de

pintura que se ha programado emplear, EL CONTRATISTA preparará dos muestras idénticas para ser aprobadas por EL CONTRATANTE. El propósito es establecer el color de la pintura de acabado a aplicar.

EL CONTRATISTA es responsable de las pruebas de calidad de limpieza, aplicación de pintura (perfil de anclaje, medición de temperatura y humedad, medición de espesores de pintura húmeda y seca, continuidad eléctrica, etc.). Los equipos utilizados por EL CONTRATISTA deben disponer de un certificado de calibración vigente y emitido por una entidad reconocida.

## **2.9 PROCESO DE SOLDADURA CADWELD**

Antes de continuar con la descripción del procedimiento de soldadura cadweld se realizarán unas definiciones previas, a saber:

Preparación de superficies: Es una actividad que permite eliminar el recubrimiento de la pestaña de los tanques en un área determinada para lijar, limpiar con grata o esmeril y aplicar la soldadura.

Proceso de soldadura exotérmica: Es un método de unión térmica de materiales cobre – acero con aporte externo de calor.

Protección del área soldada: Es un método que permite recubrir con un revestimiento de alto desempeño, el área desprotegida en donde se retiró el recubrimiento.

**2.9.1 Preparación de las Superficies.** Para la preparación de las superficies se debe ejecutar las siguientes actividades:

- ✓ Marcar el área en donde se soldará el cable del circuito negativo a la pestaña del tanque. El área es un cuadrado de 5 cm x 5 cm mínimo.

- ✓ Retirar cuidadosamente el recubrimiento aplicado, cortando cuidadosamente con cuchilla y removiendo con herramienta manual.
- ✓ Limpiar con pulidora manual o lija sin dejar huellas profundas sobre la pestaña del tanque. Esta limpieza terminará de remover superficialmente el área.
- ✓ Aplicar inmediatamente la soldadura. Si tiene que esperar, cubra con una cinta adhesiva el área para evitar corrosión atmosférica.

### **2.9.2 Preparación de los Elementos de Soldadura.**

- ✓ Verificar que el molde sea indicado para el tamaño de los conductores y el tipo de aplicación.
- ✓ Verificar que la cantidad de soldadura corresponda a la que se indica en el tag del molde.
- ✓ Ajustar la pinza, asegúrese que el molde esta adecuadamente cerrado y ajustado.
- ✓ El chispero debe estar en buenas condiciones.
- ✓ Asegúrese que el molde está limpio, seco y en buenas condiciones. El secado del molde se realiza por calentamiento a temperaturas cercanas a los 6°C preferiblemente usando un mechero a gas.
- ✓ Utilizar corta cables (tipo cizalla) evitando deformación de los extremos. Los cuales deben estar limpios y secos.
- ✓ Sellar todas las aberturas alrededor de los conductores para evitar fugas de material fundido. Use sellador esencialmente para este procedimiento, si lo requiere.

- ✓ Insertar el disco de acero con el lado cóncavo hacia arriba.
- ✓ Vaciar la soldadura teniendo cuidado de no voltear al disco de acero.
- ✓ Cubrir la zona de unión con fulminante (material de ignición), coloque aproximadamente 1/4 o 1/3 de material de encendido en la abertura superior del molde. Distribuya el material de encendido sobrante sobre el material de soldadura.
- ✓ Cerrar la tapa del molde.
- ✓ Poner marcas de referencia sobre los conductores para asegurar que sus posiciones son correctas al cerrar el molde.
- ✓ Ubicarse de tal forma que no respire los humos de la combustión, dirija el encendedor hacia la abertura del molde, encienda el material fulminante y retire el encendedor rápidamente para evitar lesiones. Se alcanzan temperaturas del orden de 1870°C.
- ✓ Después de 30 segundos, tiempo en el cual el metal ha solidificado, retire el molde sujetándolo fuertemente para evitar que se fisure.
- ✓ Pula adecuadamente la soldadura mediante el uso de cepillo de acero y/o lima sin afectar la junta o el metal base.

**2.9.3 Verificación de la Soldadura Cadweld.** Aspecto: Ninguna parte del conductor debe estar expuesta dentro de la soldadura. La máxima concavidad de la soldadura no debe ser inferior al diámetro del conductor después de remover la escoria.

Color: Debe ser dorado bronce, puede ser plateado cuando se ejecuta sobre fundiciones de hierro y acero galvanizado.

Acabado superficial: Debe estar completamente pulido y libre de escoria. Si el depósito de escoria cubre más del 20% de la superficie de conexión o si el cable está expuesto, la unión debe ser rechazada.

Porosidad: La conexión debe estar libre de poros, la porosidad excesiva se debe a contaminación (agua, grasa, tierra, polvo) de los conductores, molde o de la carga. Ocasionalmente se pueden presentar pin holes (poros pasantes) los cuales no deben tener un diámetro mayor a 1/32". Si la profundidad del pin hole llega hasta la mitad del diámetro del conductor, la soldadura debe ser rechazada y ejecutarse nuevamente.

#### **2.9.4 Verificación del Molde Después de Ejecutar la Soldadura Cadweld.**

Abertura para ensamble de los conductores: El ajuste no debe permitir tolerancias excesivas. Un mal ajuste puede permitir fugas, la abertura no debe estar limitada ni desgastada. Los moldes no deben ser alterados en campo ni variado su diseño.

Cavidad para la soldadura: Debe estar bien pulida y sin imperfecciones, no debe estar demasiado limada o gastada.

Agujero que porta la carga a la unión: No debe presentar fisuras ni imperfecciones, debe estar bien pulido.

Asiento disco de carga: El asiento no debe estar gastado ni rayado debe presentar una superficie bien definida o pulida.

Caras del molde: No deben estar excesivamente gastadas. Las caras deben limpiarse adecuadamente evitando desprendimiento o erosión de las paredes, se puede usar papel periódico, bayetilla, o cepillo de cerda natural, etc.

**2.9.5 Remoción de Soldaduras Defectuosas.** Efectúe el corte de la soldadura defectuosa con una segueta, evitando dañar el metal base. Realice el escofinado, limado y pulido de la soldadura remanente sin dañar el metal base y sin disminuir el perfil del tubo. Seleccione un área adyacente para efectuar la nueva soldadura. Nunca debe ser superpuesta.

### **2.9.6 Protección del Área Soldada**

- ✓ Limpiar la superficie soldada con un removedor o con lija y estopa.
- ✓ Verifique que no existe ni grasa ni polvillo.
- ✓ Aplique 20 a 25 mils de un epóxico compatible con el recubrimiento original.

## **2.10 PROCEDIMIENTO DE LEVANTAMIENTO AS BUILT Y LIBRO DE TERMINACIÓN DE OBRA**

**2.10.1 Levantamiento Topográfico “AS BUILT” del Trazado de la Acometida.** EL CONTRATISTA, además de las Especificaciones que se indican a continuación, deberá cumplir con los requerimientos exigidos por EL CONTRATANTE para la ejecución de levantamientos topográficos en la infraestructura de transporte de gas de su propiedad, que incluyan actividades de planimetría, altimetría, amarres geodésicos, georeferenciación de uniones soldadas y empalmes, entre otros.

**2.10.1.1 Planimetría.** En el levantamiento planimétrico "As-Built" se deberán localizar la tubería y los detalles vecinos importantes en un ancho de 100 metros, medidos a cada lado del eje del tubo. Igualmente, deberán localizarse

las viviendas, casas de habitación o cualquier construcción para ocupación humana, que estén dentro de un ancho de 400 metros siendo la tubería su eje.

En la elaboración de los planos EL CONTRATISTA deberá tener en cuenta el límite municipal si lo hubiese en el abscisado de la línea, el cual será indicado con una línea y hará parte del cuadro de convenciones.

Adicionalmente, EL CONTRATISTA deberá detallar en la planimetría de la franja cercas de linderos y divisiones, nombres de predios y sus propietarios, tipo de cultivo encontrado, arroyos, jagüeyes, redes eléctricas, tuberías, construcciones, corrales, canales de riego, caminos, carreteras, accesos, puentes, zonas inundables, árboles de gran tamaño y construcciones dedicadas para ocupación humana que estén fuera de la franja de doscientos (200) metros pero no más de cuatrocientos (400) metros del eje de la poligonal.

Para los cruces de carreteras principales, secundarias, caminos, zonas inundables, cruces de corrientes naturales, canales, líneas en operación, cruces de caminos arqueológicos, cruces de zona urbana, cruces aéreos y en general todas las obras especiales en caso de que las hubiere, EL CONTRATISTA deberá entregar los planos finales “**tal como fue construido**”, donde se indiquen todos los detalles constructivos y las características mecánicas y estructurales de las zonas de cruces, garantizando en todo momento la ubicación exacta del eje del tubo en cada cruce y de sus obras de protección geotécnicas marginales.

**2.10.1.2 Altimetría.** Para la ejecución de trabajos de altimetría EL CONTRATISTA deberá cumplir con las siguientes Especificaciones:

- ✓ EL CONTRATISTA nivelará el eje de la tubería antes del tapado y nivelará el terreno después de la reconfiguración final, cada 100 metros en terrenos

planos, cuando se presenten terrenos muy ondulados o quebrados se detallará la nivelación cada 50 metros o menos si el terreno así lo exige.

- ✓ En los cruces de arroyos, canales, quebradas, caminos, carreteras, obras de protección geotécnica marginales, entre otros, la nivelación debe ser más detallada, para precisar a mayor nivel el perfil del terreno.
  
- ✓ EL CONTRATISTA deberá nominar los Pls y POTs de acuerdo con lo establecido en la actividad de planimetría, los demás puntos auxiliares, así como, los puntos de detalles localizados sobre la poligonal y los cruces de arroyos, canales y cercas, se deberán nominar en forma ascendente.
  
- ✓ Se deberá incluir en el trabajo de campo de la altimetría todos los cálculos de cotas, cierres y ajustes. EL CONTRATISTA deberá consignar los registros de campo del levantamiento altimétrico en libretas de nivel.
  
- ✓ El plano del perfil deberá contener la siguiente información: Pendientes del terreno, indicadas por tramos con el abscisado inclinado o cadena pisada y abscisado horizontal con sus respectivas cotas o elevaciones.
  
- ✓ En el plano se deberán indicar los detalles más relevantes presentados mediante vistas en perfil (los cruces de carreteras, ríos, arroyos, zonas pantanosas, cruces de líneas en operación, líneas aéreas, canales, quebradas, caminos, obras de protección geotécnicas de dichos cruces, entre otros).

Se debe presentar un plano en planta y perfil a escala entre 1:50 y 1:100 para cada uno de los cruces especiales o detalles más relevantes, así como las obras de geotecnia marginales de dichos cruces. En el plano se deberán mostrar las características del cruce como representación de la realidad en el

caso de topografías As-Built. Esta escala puede variar para el caso que los cruces sean por zona pantanosa o por zona urbana o para obras de geotecnia.

**2.10.1.3 Georeferenciación de Juntas Soldadas.** Con el objeto de mantener como línea base la georeferenciación de la Acometida al momento de su construcción, se requiere que EL CONTRATISTA levante y suministre al CONTRATANTE las coordenadas de cada una de las juntas soldadas de la nueva línea construida.

EL CONTRATISTA deberá tener en cuenta las especificaciones que se indican a continuación, en las cuales se establecen los parámetros para desarrollar las actividades de georeferenciación durante el proceso de construcción de la Acometida.

**2.10.1.3.1 Precisión.**

- ✓ La precisión requerida para las juntas soldadas será submétrica.
- ✓ La precisión requerida para los postes de referencia será sub decimétrico.
- ✓ La precisión requerida para los puntos pertenecientes a una poligonal principal será de 1:10.000.
- ✓ La precisión requerida para una red de segundo orden será de 5mm + 1ppm.
- ✓ La precisión requerida para los vectores aislados a partir de un punto de la red magna será de 10mm + 1ppm.
- ✓ La precisión requerida para los vectores aislados a partir de la red de segundo orden será de 15mm + 3ppm.
- ✓ En caso de que EL CONTRATISTA levante la red con equipos G.P.S. ésta deberá tener las siguientes características:

- a) Las figuras geométricas formadas para la compensación de la red deberán tener polígonos de lados cerrados y ángulos no agudos.
  - b) En los procesos de los vectores utilizados para los ajustes deberá cumplir con el valor del error estándar de la unidad de peso de las tolerancias del FILLNET, con el valor de residuos (V) y residuos V' normatizado dentro de la tolerancia del software y con los errores de vectores dentro de la tolerancia (Subdecimétrica).
- EL CONTRATISTA utilizará puntos de la Red Magna que considere convenientes para darle fuerza geométrica.

#### **2.10.1.3.2 Precisión de los Equipos.**

EL CONTRATISTA deberá utilizar equipos con las siguientes precisiones como mínimo:

- ✓ Estación Total: Angulo = 5"  
Distancia = 5+2ppm
- ✓ Equipos GPS: L1 (Una frecuencia) y 10mm + 1ppm  
L2 (Doble frecuencia) y 5mm+1ppm

**2.10.1.3.3 Georeferenciación de Juntas (Uniones Soldadas).** Para la georeferenciación de las juntas de soldadura EL CONTRATISTA deberá presentar, previo a la realización de los trabajos, para revisión y aprobación de LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE el procedimiento de georeferenciación a utilizar, en el que se señalen los equipos y herramientas a utilizar, el personal que efectuará la labor, el tiempo de ejecución y el procedimiento detallado (paso a paso) de ejecución. EL CONTRATISTA deberá tener en cuenta en la metodología a emplear para la georeferenciación las condiciones mínimas exigidas por EL CONTRATANTE para la realización de este tipo de trabajo, las cuales se señalan a continuación:

- ✓ Para la georeferenciación de las soldaduras EL CONTRATISTA podrá utilizar tecnología de posicionamiento Global (GPS), en modo estático o cinemático, técnicas de mapeo inercial o topografía tradicional. En caso de que EL CONTRATISTA decida plantear una metodología diferente, ésta deberá cumplir con los requerimientos exigidos por EL CONTRATANTE en cuanto a las precisiones, y deberá presentarse para revisión y aprobación de LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE el procedimiento correspondiente, antes de dar inicio de los trabajos.
  
- ✓ Cuando la georeferenciación se lleve a cabo mediante topografía tradicional EL CONTRATISTA deberá a partir del punto de inicio levantar por radiación las soldaduras que la estación sea capaz de observar y al llegar al final realizar puntos de cambio para tomar nuevas soldaduras.
  
- ✓ La georeferenciación de las coordenadas de las soldaduras deberá efectuarse en forma directa sobre el eje de la tubería descubierta a lomo de tubo sobre su superficie. En caso de que las condiciones de campo, el relieve o las características constructivas no lo permitan, como lo es el caso de los cruces especiales, EL CONTRATISTA deberá hacer uso de técnicas apropiadas, tales como: uso de off-set o de topografía, previa aprobación de LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE. Como alternativa de levantamiento en estas condiciones EL CONTRATISTA deberá realizar un levantamiento de tubos fuera de la zanja donde será enterrada la tubería, con el fin de conocer las distancias entre cada una de las juntas. Una vez instalada la tubería en el fondo de la zanja y previo al tapado se levantarán la mayor cantidad de juntas que sea posible identificar y se ajustarán de acuerdo con el levantamiento de tubos realizado inicialmente.
  
- ✓ EL CONTRATISTA deberá registrar en los Formatos que le suministre LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE la información de todos los

elementos soldados a la tubería, tales como: Accesorios instalados para la prueba hidrostática, couplings, acometidas, etc. Para estos accesorios no se requiere colocar datos de coordenadas, sino que se indicará la distancia relativa desde el centro del elemento hasta la soldadura más próxima (ubicada en sentido aguas arriba del tubo). También deberá especificarse en la columna de “Comentarios” del Formato “Registro único de coordenadas de soldaduras” anexo la posición del elemento con respecto al tubo, lo cual consiste en referenciar la ubicación del elemento con respecto al lomo del tubo en sentido de las manecillas del reloj (0 horas para posición superior) en orientación del sentido del flujo.

- ✓ EL CONTRATISTA deberá entregar las coordenadas de las juntas soldadas en Formato WGS84 (Geodésica) y en Coordenadas Planas, para lo cual EL CONTRATISTA deberá transformar el sistema de referencia Datum Bogotá, de acuerdo con el sistema nacional establecido por el IGAC. EL CONTRATISTA deberá presentar para aprobación de LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE, con antelación al inicio de los trabajos de georeferenciación, la metodología y software a utilizar para la transformación de coordenadas de los puntos de referencia, así como, el procedimiento y software para la captura de los datos de las coordenadas de las soldaduras.
- ✓ Cuando el Proyecto incluya la ejecución de la planimetría EL CONTRATISTA deberá indicar en los respectivos planos las coordenadas de las juntas (soldaduras circunferenciales georeferenciados). Estas coordenadas deberán estar amarradas al sistema nacional de coordenadas planas del IGAC, tal como se indica en las especificaciones para el levantamiento topográfico de este documento.

Cuando los trabajos se efectúen con estación total EL CONTRATISTA deberá suministrar a LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE los certificados de

calibración de los equipos, que no serán expedidos con una fecha superior a un mes con respecto a la fecha de inicio de los trabajos.

**2.10.1.3.4 Georeferenciación de Empalmes.** EL CONTRATISTA deberá llevar a cabo la georeferenciación de las soldaduras en los puntos de empalme, para lo cual deberá determinar la distancia desde la soldadura circunferencial aguas arriba más cercana al corte, donde se inicia la nueva línea, hasta el corte donde se empalmará la tubería, así como, la identificación de los tubos eliminados en el tramo de tubería que saldrá fuera de operación.

La determinación de los puntos de soldadura circunferencial más cercana al corte se puede realizar de la siguiente forma:

- ✓ Mediante la determinación física, es decir, cuando es posible identificar en campo la soldadura circunferencial aguas arriba más cercana al punto de corte sobre la cual se están efectuando los trabajos, mediante el uso de referencias visibles en campo (tubos cortos, soportes, derivaciones, etc.).

En caso de que las condiciones físicas no permitan identificar la soldadura más cercana al punto de corte y a qué distancia se encuentra la misma, EL CONTRATISTA deberá levantar el dato G.P.S. del empalme, EL CONTRATANTE podrá compararlo con los registros del informe de inspección interna de tubería con Unidad de Mapeo Inercial cuando disponga de él.

**2.10.1.3.5 Materialización de la Georeferenciación de las soldaduras circunferenciales próximas a los Postes de Abscisados.** EL CONTRATISTA deberá llevar a cabo la materialización sobre el eje de la tubería de la georeferenciación de la unión de soldadura circunferencial más cercana a cada poste de abscisado instalado en la Acometida, estos puntos

deberán contener las coordenadas geográficas de la unión soldada próxima o que coincida exactamente con un poste de abscisado.

EL CONTRATISTA deberá suministrar todos los materiales consumibles y no consumibles, la mano de obra y equipos requeridos para la fabricación, suministro e instalación de los mojones de materialización de estos puntos, de conformidad con las Especificaciones del CONTRATANTE.

**2.10.1.4 Materialización de Amarres Geodésicos.** Para la materialización de amarres geodésicos EL CONTRATISTA deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- ✓ Revisar ubicación de puntos geodésicos del IGAC cercanos a cada sitio a levantar. (Red MAGNA).
- ✓ En el caso que pertenezca a la Red MAGNA, EL CONTRATISTA deberá solicitar en el IGAC la certificación de las coordenadas y descripción de localización de los puntos de la Red Geodésica Nacional que se encuentren ubicados más cerca al sitio donde se realizarán los trabajos.
- ✓ Luego de identificar el punto geodésico a trasladar, EL CONTRATISTA deberá instalar sobre este punto, el equipo de topografía o equipo GPS y realizar el proceso de medición hasta el punto de inicio de los trabajos y realizar el amarre de la poligonal del trazado a los puntos geodésicos aprobados por LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE.
- ✓ EL CONTRATISTA deberá incluir en los amarres geodésicos y/o topográficos, los cálculos de coordenadas, cierres, ajustes angulares y longitudinales, así como, la materialización de los puntos cerca del inicio del trazado y al final del trazado con dos referencias también en concreto con las

mismas especificaciones del mojón principal, pero indicando solamente el número de la referencia correspondiente.

- ✓ Para la materialización de los puntos EL CONTRATISTA deberá cumplir con el procedimiento especificado y deberá suministrar todos los materiales, equipos, herramientas, transporte, mano de obra y en general todos los elementos que requiera para la correcta ejecución de estos trabajos.
- ✓ EL CONTRATISTA deberá registrar los datos de campo de la poligonal del amarre geodésico y topográfico en la libreta de campo de la poligonal principal o planimetría del trazado, indicando en el índice de la libreta dichos trabajos. La numeración de los PIs será en forma ascendente y clara.
- ✓ Los planos As-Built deberán presentarse en la escala horizontal 1:5.000 y en la vertical 1:500. Los planos deberán contener en el trazado en planta la siguiente información: Límites prediales, longitud, nombre del predio y propietario, espesor, diámetro, localización de clase, tipo de recubrimiento de la tubería, límite municipal y departamental, entre otros.
- ✓ Para los cruces de ríos, arroyos, caminos, estaciones, válvulas de seccionamiento, cerramientos de protección y en general todas las obras especiales EL CONTRATISTA deberá detallar las características mecánicas y estructurales en una escala 1:50 ó 1:100 dependiendo del tamaño de la obra.
- ✓ EL CONTRATISTA además del levantamiento topográfico altimétrico y planimétrico del trazado deberá hacer un levantamiento a cadena pisada sobre el eje de línea, este levantamiento se hará en un todo de acuerdo con las especificaciones técnicas estipuladas por EL CONTRATANTE y servirá de base para la liquidación final de la obra.

- ✓ EL CONTRATISTA entregará el dibujo de la poligonal de la Acometida, en planta, trazada sobre la respectiva plancha topográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) Escala 1:25.000, señalando el abscisado cada kilómetro del levantamiento topográfico planimétrico y señalará la ubicación de las estaciones, trampas, válvulas seccionadoras y de derivación localizadas a lo largo del trazado del gasoducto en caso de que en el tramo a construir se dispongan de ellas. Estas planchas deberán ser adquiridas por EL CONTRATISTA en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en caso de que se requiera permisos para la adquisición de dichas planchas estos deberán ser solicitados y tramitados por EL CONTRATISTA, ya que EL CONTRATANTE no adquirirá ninguna responsabilidad por este concepto.
  
- ✓ En el perfil del trazado deberá también indicar el abscisado horizontal por levantamiento a cadena pisada y por planimetría, así como, el alineamiento vertical de la tubería y del terreno natural después de la re-conformación final indicando en secciones transversales la ubicación de obras de geotecnia permanente construidas a lo largo del trazado.
  
- ✓ EL CONTRATISTA deberá indicar en los planos del trazado la localización de la tubería según los espesores de pared a lo largo del trazado y el tipo de recubrimiento de la tubería, tal y como quedo instalada.
  
- ✓ EL CONTRATISTA deberá presentar el certificado de la calibración de los equipos de topografía a emplear en los trabajos de levantamiento topográfico, dicha certificación deberá tener una fecha de expedición máxima de un (1) mes a la fecha de inicio de los trabajos. EL CONTRATANTE si lo considera necesario podrá solicitar a EL CONTRATISTA la calibración de los equipos de topografía en el momento previo a la ejecución de los trabajos de levantamiento.

**2.10.1.5 Requerimientos de Dibujo para la elaboración de Planos Topográficos “AS-BUILT”.** EL CONTRATISTA deberá cumplir con las especificaciones señaladas por EL CONTRATANTE respecto a los lineamientos básicos tales como: Tamaño, escalas, formatos, etc., para la elaboración de los Planos “As-Built” del proyecto, de conformidad con los alcances mencionados en las “Condiciones Específicas del Proyecto”.

**2.10.1.6 Documentos Complementarios.** Dentro de los documentos complementarios exigidos a EL CONTRATISTA en la elaboración de los planos topográficos se tienen los siguientes: Cálculo de coordenadas y Libretas de campo y diligenciamiento.

**2.10.1.6.1 Cálculos de Coordenadas.** EL CONTRATISTA deberá entregar las tablas que contienen los cálculos para determinar las coordenadas de un punto con base en un punto con coordenadas conocidas. Estas tablas serán elaboradas por EL CONTRATISTA y serán entregadas impresas y en medio magnético, calculadas por medio electrónico utilizando el software MS EXCEL v2003 para WINDOWS. Los cálculos de coordenadas deberán contener como mínimo la siguiente información:

- ✓ Estación
- ✓ Angulo horizontal
- ✓ Azimut
- ✓ Distancia horizontal
- ✓ Coordenadas (norte y este)
- ✓ Cota
- ✓ Estación

**2.10.1.6.2 Libretas de Campo.** EL CONTRATISTA entregará a EL CONTRATANTE un juego de carteras de tránsito y nivel, que contendrán la información levantada en campo, estas libretas incluirán la siguiente información:

- ✓ Abscisa
- ✓ Altura Instrumental
- ✓ Punto de observación
- ✓ Angulo horizontal
- ✓ Angulo vertical
- ✓ Altura del prisma
- ✓ Distancia inclinada
- ✓ Distancia calculada
- ✓ Desnivel
- ✓ Gráfico de los puntos registrados

EL CONTRATISTA deberá hacer entrega de las carteras topográficas del trazado levantado para revisión de LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE cuando ésta se las solicite.

**2.10.1.6.3 Formatos para recopilación de Información Técnica.** EL CONTRATISTA deberá diligenciar y entregar a LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE para su revisión y aprobación los siguientes Formatos que se indican a continuación cuya finalidad es mantener actualizada toda la información técnica de la infraestructura de transporte propiedad del CONTRATANTE, estos formatos serán suministrados en original a LA INTERVENTORÍA con la debida antelación, como parte también de la documentación suministrada para la conformación de los Libros de Terminación de Obra. La información a entregar estará relacionada con las características técnicas de los elementos que integran la Acometida, tales como:

- ✓ Trampas, hot tap, actuadores.
- ✓ Tramos de gasoducto.
- ✓ Tramos aéreos.
- ✓ Estaciones city gates.
- ✓ Fittings.
- ✓ Cruces especiales y sus obras de protección geotécnica marginales.
- ✓ Manómetros, válvulas de seguridad.
- ✓ Cambio de secciones de tubería.

**2.10.1.7 Planos Mecánicos, de Obras Civiles, Eléctricos y de Instrumentación “AS-BUILT”.** EL CONTRATISTA deberá elaborar y entregar a EL CONTRATANTE los planos mecánicos, de obras civiles, eléctricos, de instrumentación y de cualquier otra especialidad, según aplique para el Proyecto, los cuales deberán contener toda la información de elementos, equipos, instrumentos, tuberías y sus accesorios, detalles arquitectónicos, cimentaciones, líneas de servicios, ensambles y acoples, procesos de manufactura; haciendo uso de representaciones en plantas, cortes, fachadas, isométricos del montaje mecánico de las estaciones, ampliación de detalles importantes y cualquier otro detalle que sea requerido para la documentación gráfica del proyecto.

EL CONTRATISTA deberá cumplir con las especificaciones señaladas por EL CONTRATANTE respecto a los lineamientos básicos tales como: Tamaño, escalas, formatos, etc., para la elaboración de los Planos de Mecánicos, Civiles, Eléctricos, de Instrumentación, “As-Built” del Proyecto.

**2.10.2 Libros de Terminación de Obra.** Para conformar el historial del proyecto (Trazabilidad), EL CONTRATISTA con la supervisión de LA INTERVENTORÍA y EL CONTRATANTE deberá realizar, preparar y recopilar toda la documentación técnica que hará parte de los Libros de Terminación de Obra del Proyecto.

La información recopilada y contenida en los Libros de Terminación de Obra será utilizada por EL CONTRATANTE con el propósito de emplearla como base en la fase de arranque y puesta en marcha del Proyecto y para que sirva de ayuda al personal de planta del CONTRATANTE que participa en las labores de operación y mantenimiento. Esta documentación se constituirá en un fiel reflejo de la manera como se llevaron a cabo los trabajos y los estándares de calidad aplicados durante las fases de construcción del proyecto.

EL CONTRATISTA deberá iniciar las labores de preparación de los Libros de Terminación de Obra y deberá presentar en su programa de trabajo la estrategia para acometer las labores relacionadas con la elaboración del documento y con la consecución de la información requerida para los Libros de Terminación de Obra del Proyecto, acorde con los alcances definidos en estas Especificaciones Técnicas, de tal manera que al finalizar la Terminación Mecánica, EL CONTRATISTA entregue a EL CONTRATANTE los Libros de Terminación de Obra debidamente revisados, aprobados y firmados.

EL CONTRATISTA será responsable de las decisiones que su personal de control y aseguramiento de la calidad tome en campo durante el diligenciamiento de las planillas y formatos que harán parte de los Libros de Terminación de Obra del proyecto. También dará las soluciones oportunas y adecuadas a los problemas que se presenten por falta de información y velará porque todo su personal y subcontratista cumplan con el suministro de la documentación técnica que le corresponda de acuerdo con lo establecido en el Contrato.

EL CONTRATISTA deberá presentar en el informe final de avance de obra la relación y descripción detallada de las decisiones, acciones relevantes desarrolladas, aclaraciones que considere necesarias y resultados de todas las actividades relacionadas con la obtención y suministro de la información técnica

requerida, de tal manera que cada uno de las parte intervinientes en el desarrollo del Contrato puedan llevar a cabo la complementación de la documentación de los Libros de Terminación de Obra del proyecto con la información de las actividades que sean de su responsabilidad.

Todos los informes de avance de EL CONTRATISTA harán parte integrante de los Libros de Terminación de Obra del Proyecto.

**2.10.2.1 Alcances.** EL CONTRATISTA tendrá a su cargo la elaboración de los Libros de Terminación de Obra del Proyecto, incluyendo la documentación técnica (Hojas de chequeo, protocolos y los certificados de calidad de aceptación de las obras). Los certificados de calidad de la tubería serán suministrados por EL CONTRATANTE a EL CONTRATISTA. Las hojas de chequeo y protocolos empleados durante la supervisión de la construcción del proyecto serán entregadas por LA INTERVENTORÍA.

Será responsabilidad de EL CONTRATISTA desarrollar, revisar, editar, imprimir, organizar y presentar a EL CONTRATANTE los tomos de los Libros de Terminación de Obra que contendrá la descripción general del Proyecto de construcción y de cada uno de las obras que lo integran por separado, desarrolladas por EL CONTRATISTA y sus subcontratistas.

EL CONTRATISTA también será responsable de elaborar, diseñar, diligenciar, recopilar, agrupar, clasificar, revisar, editar, imprimir e incluir en los tomos que corresponda los formatos, protocolos y registros de validación requeridos y deberá emitir los certificados de prueba que estén a su cargo, relacionados con la supervisión de las obras mecánicas, civiles, eléctricas y de instrumentación desarrolladas por él.

EL CONTRATANTE se encargará de la complementación final de dichos libros a los cuales insertará toda la información técnica generada durante la ejecución de las obras cuando no haga parte de los alcances de EL CONTRATISTA, y demás actividades que sean de su responsabilidad.

EL CONTRATISTA será responsable de la presentación a LA INTERVENTORÍA de EL CONTRATANTE de la versión preliminar de los Libros de Terminación de Obra para su revisión y comentarios, una vez LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE entregue las observaciones efectuadas al documento, EL CONTRATISTA deberá hacer las correcciones correspondientes para la entrega final del documento con las copias exigidas en medio impreso y magnético previamente aprobadas por LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE.

La información técnica para los Libros de Terminación de Obra será debidamente organizada en tomos por EL CONTRATISTA, de acuerdo con las directrices establecidas por EL CONTRATANTE que se señalan a continuación. LA INTERVENTORÍA de EL CONTRATANTE será la encargada de aprobar, con la debida antelación la organización de los Libros de Terminación de Obra.

**2.10.3 Presentación de los Libros de Terminación de Obra.** EL CONTRATISTA deberá recolectar la información para los Libros de Terminación de Obra, la cual será debidamente organizada en tomos y será presentada por EL CONTRATISTA en condiciones óptimas, utilizando un sistema de argollado con pasta ofinorma para perforación de tres huecos, similar o superior de tal manera que garantice la facilidad de manejo de los documentos, las pastas o cubiertas de los libros deberán estar debidamente identificados y deberán tener una leyenda impresa en la parte exterior con el siguiente texto como mínimo:

- ✓ EL CONTRATANTE
- ✓ Gerencia
- ✓ Libro de Terminación de Obra
- ✓ Nombre del Proyecto.
- ✓ Nombre que identifica los respectivos tramos de la Acometida especificado el kilometraje en que se ubica y cada una de las obras que lo integran.
- ✓ Catálogo mecánico y número de volumen.
- ✓ Fecha de emisión y nombre de la entidad que lo emite.

Los libros que se entregarán serán de cuatro (4) centímetros de espesor como mínimo y máximo ocho (8), estarán divididos en secciones, cada sección será aislada por separadores en cartulina plastificada con saliente como membrete externo. En caso de que las secciones contengan planos, dibujos o esquemas, éstos serán introducidos en bolsas de polietileno transparentes para planos y perforados con tres huecos haciendo las veces de una página. Todos los tomos deberán contener e iniciar con un índice general.

La totalidad del informe descriptivo de los trabajos ejecutados en el proyecto será efectuado por EL CONTRATISTA quien la organizará en tomos con el siguiente contenido:

- TOMO I:**      Introducción.
- Definición o glosario de términos.
- Descripción del Proyecto: deberá contener una descripción detallada del proyecto y la finalidad de los trabajos.
- Generalidad del Proyecto: en donde se señale claramente la siguiente información:
1. Constructor.
  2. Subcontratista de EL CONTRATISTA.
  3. Valor de la Obra.
  4. Duración.

## **TOMO II: OBRAS REALIZADAS**

### **1) Líneas:**

#### a) Líneas Enterradas $\phi$ ":

- Obras Civiles: Apertura de derecho de vía, apertura de zanja, tapado de zanja, lastrado de tuberías, limpieza y re-conformación final.
- Obras Mecánicas: Transporte, tendido y doblado de tubería, Alineación y soldadura, aplicación de revestimientos de sacrificio, revestimiento de juntas, pruebas hidrostáticas, de hermeticidad y secado de tubería.

#### b) Líneas Aéreas $\phi$ ":

- Obras Civiles: Cimientos, marcos H, colgantes, apoyos, limpieza y re-conformación final.
- Obras Mecánicas: Transporte, tendido y doblado de tubería, Alineación y soldadura, aplicación de revestimientos anticorrosivos, pruebas hidrostáticas, de hermeticidad y secado de tubería.

### **2) Commissioning, llenado y puesta en marcha.**

### **3) Ensayos no Destructivos.**

### **4) Sistema de Protección Catódica**

**2.10.4 Diseño de Platillas.** EL CONTRATISTA desarrollará y presentará para aprobación de LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE el diseño de las planillas de registros, formatos, protocolos de prueba, hojas de calibración y listas de verificación que se utilizarán como instrumentos para recopilar toda la información técnica requerida.

EL CONTRATISTA entregará una copia magnética en DVD-R de todas las plantillas, formatos, registros, protocolos de prueba, hojas de calibración y listas de verificación aprobadas por LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE.

Una vez aprobados las planillas, formatos, protocolos y registros de prueba por parte de LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE, EL CONTRATISTA procederá a recolectar la información en la medida en que EL CONTRATISTA complete o finalice la parte técnica-constructiva de los diferentes subsistemas que integran el proyecto. EL CONTRATISTA llevará a cabo el diligenciamiento de los formatos y planillas completando toda la información requerida en dichos documentos previamente aprobados por LA INTERVENTORÍA del CONTRATANTE.

En estas planillas deberá estar claramente identificada la siguiente información general:

- ✓ Nombre del CONTRATANTE.
- ✓ Nombre del Proyecto.
- ✓ Nombre que identifica el componente de la Acometida y el área para la cual se están recopilando los datos.
- ✓ Fecha en que se diligenció el registro, formato o protocolo.
- ✓ Descripción de la actividad objeto de verificación.
- ✓ Calificación de cada una de las labores que hacen parte de la actividad evaluada y que generen los correspondientes registros de validación.
- ✓ Nombre, cargo y firma del funcionario que diligenció el registro.
- ✓ Nombre, cargo y firma del funcionario que aprueba.

### **2.10.5 Información a Recolectar para los Libros de Terminación de Obra.**

EL CONTRATISTA deberá diligenciar, recopilar, seleccionar, agrupar, clasificar y presentar toda la información y documentación técnica tales como: protocolos de prueba de las obras mecánicas, civiles, eléctricas, de instrumentación, libros de tuberías (pipe book), certificados de calidad de los materiales suministrados por los proveedores, EL CONTRATISTA y/o EL CONTRATANTE, certificados de calibración de equipos empleados en las actividades de levantamiento topográfico, en los equipos de las obras eléctricas, certificados de prueba y planos "As-Built".

EL CONTRATISTA deberá recopilar y entregar dicha información para cada uno de los componentes del Proyecto por separado, diferenciando claramente la documentación para los siguientes ítems, pero sin limitarse a:

- ✓ Línea de conducción enterrada (Acometida).
- ✓ Cruces especiales.
- ✓ Soportes de tuberías
- ✓ Otros.

**2.10.5.1 Descripción General del Proyecto.** Se incluirá una descripción general de cada uno de los componentes que integran el proyecto agrupando, seleccionando y catalogando los datos según el componente al que pertenecen de la siguiente forma, pero sin limitarse a:

- ✓ Línea de Conducción (Acometida): Trayectoria de la tubería instalada, diámetro, espesor, grado, tipo de recubrimiento del cuerpo de la tubería, tipo de recubrimiento de las juntas, tipo de pruebas realizadas a la tubería, tuberías aéreas instaladas con todos sus accesorios y apoyos (prueba hidrostática, prueba de hermeticidad de la línea, inspecciones, ensayos no destructivos a las juntas soldadas, entre otros).

- ✓ Planos, figuras, cuadros y registros fotográficos representativos del desarrollo del proyecto.
- ✓ Pipe Book.
- ✓ Relación de los resultados y análisis de todos los ensayos de laboratorio y de campo, efectuados por EL CONTRATISTA y por parte del CONTRATANTE como medio de comprobación o verificación para aquellos casos en que fueron considerados necesarios.

Relación de las no conformidades y productos no conformes reportados durante la ejecución de las obras y si se tomaron las acciones correctivas por parte de EL CONTRATISTA.

**2.10.5.2 Protocolos de Prueba.** EL CONTRATISTA elaborará los formatos de los protocolos de prueba de las obras mecánicas, civiles, eléctricas, cada uno por separado para los diferentes componentes del proyecto, de la siguiente forma:

- ✓ Protocolo Obras Mecánicas:

EL CONTRATISTA deberá diferenciar los protocolos de las obras mecánicas relacionadas con la construcción de las líneas enterradas y aéreas de los protocolos de la prefabricación y montaje mecánico. Los datos, registros y planillas deberán ser agrupados, seleccionados, catalogados e identificados según el tramo de la Acometida al que pertenece cada componente.

EL CONTRATISTA deberá preparar y presentar los protocolos para todas las actividades mecánicas desarrolladas acorde con su Plan de Aseguramiento y Control de Calidad, anexando los correspondientes certificados (registros de prueba, certificados de calidad, etc).

✓ Protocolos Obras Civiles:

En los protocolos de las obras civiles se deberán diferenciar los protocolos correspondientes a la construcción de las líneas enterradas de los protocolos de la construcción de cruces aéreos, del sistema de protección catódica que harán parte del proyecto, los datos, registros y planillas deberán ser agrupados, seleccionados, catalogados e identificados según el sitio de construcción y para cada Acometida al que pertenece cada componente.

EL CONTRATISTA deberá preparar y presentar los protocolos para todas las actividades civiles desarrolladas acorde con su Plan de Aseguramiento y Control de Calidad, anexando los correspondientes certificados (registros de prueba, certificados de calidad, etc.).

✓ Protocolo Obras Sistema de Protección Catódica:

EL CONTRATISTA deberá diferenciar los protocolos de las obras del sistema de protección catódica instaladas para la protección de las tuberías enterradas si esta fue hecha por el mismo. Los datos, registros y planillas deberán ser agrupados, seleccionados, catalogados e identificados según el tramo al que pertenece cada componente.

EL CONTRATISTA deberá preparar y presentar los protocolos para todas las actividades de las obras del sistema de protección catódica desarrolladas por él, anexando los correspondientes certificados (registros de prueba, certificados de calidad, etc.), todos los registros de pruebas diligenciados durante la construcción y recibo de las pruebas de aceptación del sistema y de todos los equipos instalados en ellos.

**2.10.6 Entrega de Libros de Terminación de Obra.** EL CONTRATISTA deberá hacer entrega a LA INTERVENTORÍA asignada por EL CONTRATANTE de la versión final aprobada de los Libros de Terminación de Obra en original, una copia en medio impreso y una copia en medio magnética (DVD-R), como requisito indispensable para la liquidación final del Contrato suscrito entre las partes.

## **2.11 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA**

**2.11.1 Aspectos Ambientales.** Los aspectos ambientales que hacen parte de este procedimiento se tratan a continuación. Así mismo se hacen las recomendaciones de las medidas a implementar para hacer la PREVENCIÓN, CONTROL, MITIGACIÓN y CORRECCIÓN y las fuentes de consulta. Los riesgos e impactos ambientales a controlar están relacionados con:

- ✓ Generación de Residuos Sólidos y Líquidos.
  - ✓ Conservación de flora y fauna.
  - ✓ Mantenimiento de maquinaria y equipos en sitios cercanos a las corrientes de agua.
  - ✓ Deterioro de la calidad Físico-Química del Agua por vertimientos una vez finalizada la Prueba Hidrostática.
  - ✓ Contaminación de las aguas por sustancias o materiales extraños.
  - ✓ Muerte de peces en la captación de agua.
  - ✓ Conflicto social por aumento de los niveles de ruido.
- Migración temporal de animales por afectación de su hábitat.

**2.11.2 Definición.** Esta especificación se refiere a los procedimientos para ejecutar la prueba hidrostática de tuberías de acero, para el transporte de Gas

Natural. EL CONTRATISTA hará las pruebas de presión necesarias, de acuerdo con los requerimientos contenidos en estas especificaciones.

**2.11.3 Características de la Prueba.** EL CONTRATISTA proporcionará las válvulas, tubería y conexiones necesarias para la construcción de múltiples, trampas temporales y accesorios para la prueba; los instrumentos de prueba, las bombas para llenado y/o los compresores para el llenado y el soplado con aire, los filtros para el agua, inhibidores, tuberías para el llenado y drenaje de agua, mano de obra, equipo de transporte y soldadura y cualquier otro material o equipo que se requiera en la limpieza interior de las tuberías, las pruebas y el secado de las mismas, para la reparación o reemplazo de materiales y trabajos defectuosos y hacer las uniones necesarias entre tramos para poner en uso la tubería. Los accesorios suministrados para incorporar a la línea en forma definitiva, no podrán ser utilizados para la prueba. LA INTERVENTORÍA inspeccionará las pruebas hidrostáticas. Los accesorios necesarios para la prueba tendrán “Rating” conforme al API 1110, ASME B.31.8 y ANSI 16.5.

**2.11.4 Requisitos Previos.** La prueba hidrostática se realizará cuando LA INTERVENTORÍA considere que la línea está en condiciones de ser probada, la línea deberá estar totalmente tapada. Cualquier prueba adicional que necesite EL CONTRATISTA será totalmente por su cuenta y su aprobación deberá ser solicitada a LA INTERVENTORÍA; para la aprobación se debe incluir toda la información referente a las secciones de prueba, presiones, puntos de control, sitios de toma y de vertimiento de agua, biocidas, inhibidores de corrosión, secuestrantes de oxígeno, equipos, medidas de seguridad, etc.

Está totalmente prohibido el uso de elementos “hechizos” como boca de pescado, etc. La prueba hidrostática no precederá en ningún caso a la toma de radiografías y por lo tanto a la reparación de las soldaduras defectuosas.

El CONTRATISTA proporcionará “los raspadores o marranos” para la limpieza, calibración y secado de la línea.

Las pruebas de presión deberán ser practicadas de acuerdo con el ANSI B.31.4 y el API RP.1110, última edición.

La válvula de Seccionamiento será de paso completo y permitirá el paso de los raspadores por el interior de la línea, por lo tanto debe ser instalada antes de iniciar la prueba, además, todas las conexiones permanentes y válvulas de venteo y drenajes a lo largo del tramo de línea que va a probarse, deberán instalarse antes de iniciar cualquier operación de prueba.

Antes de empezar la prueba de cada sección, El CONTRATISTA localizará la fuente adecuada de aprovisionamiento de agua para llenar y probar cada sección y obtendrá la aprobación impartida por LA INTERVENTORÍA, El CONTRATISTA gestionará los permisos de concesión y disposición de agua, necesarios para la prueba y no deberá iniciar la captación hasta tanto no exista una indicación por escrito de LA INTERVENTORÍA sobre los permisos correspondientes. Adicionalmente, El CONTRATISTA planeará y describirá en detalle el procedimiento adecuado para la prueba hidrostática de cada sección que incluya:

- ✓ El perfil topográfico de los tramos de seccionamiento.
- ✓ La revisión de los sitios de presiones máximas y mínimas.
- ✓ Análisis hidráulico de cada tramo con la incidencia en las bombas de llenado y pérdidas, volumen a inyectar, sensibilidad volumétrica, sensibilidad térmica y test de aire.

El Agua de prueba deberá estar libre de impurezas y materia orgánica; además cumplirá los requerimientos mínimos establecidos a continuación:

- ✓ Sales Disueltas: 1000 ppm máximo
- ✓ Sulfatos: 150 ppm máximo
- ✓ Cloruros: 100 ppm máximo
- ✓ Ph: 6.5 -9

El procedimiento deberá ser aprobado por LA INTERVENTORÍA, antes de comenzar cualquier operación de prueba y será requisito indispensable para su iniciación. Si se considera más práctico emplear secciones de prueba distintas de las programadas inicialmente en el plan general aprobado, EL CONTRATISTA deberá avisar al representante de El propietario del proyecto y obtener una nueva aprobación. Si durante el periodo de prueba se presenta una caída de la presión no identificada, EL CONTRATISTA procederá a seccionar el tramo de prueba por mitades hasta encontrar la causa de la pérdida, para lo cual debe estar provisto de todos los recursos necesarios e incluir en el procedimiento esta eventualidad. De no contarse con los equipos necesarios para esta labor, LA INTERVENTORÍA podrá dar por suspendida la prueba.

Los manómetros utilizados se deben calibrar de tal forma que la indicación de la presión de prueba no sea menor que el 25%, ni mayor que el 75% de la lectura máxima.

Cualquier prueba adicional que necesite EL CONTRATISTA será totalmente por su cuenta y deberá ser solicitada al representante del propietario del proyecto para su aprobación.

Cada sección deberá ser aprobada como unidad aislada. El procedimiento para llevar a cabo las operaciones de prueba será el que se describe a continuación:

**2.11.4.1 Limpieza Interior y Calibración de la Tubería.** El procedimiento que deberá seguirse para la limpieza interior de la línea será el siguiente:

- ✓ Se instalará en el extremo del tramo opuesto al punto de inyección un múltiple receptor del “raspador”.
- ✓ El múltiple de envío deberá ser instalado en el extremo de la sección de prueba.
- ✓ seleccionada para la inyección del fluido y desde dicho punto se enviará un raspador de limpieza a través de la tubería, empujado por aire comprimido. En caso de considerarlo necesario LA INTERVENTORÍA, se correrán otros raspadores hasta que quede perfectamente limpio el interior de la tubería.
- ✓ En algunos casos puede resultar conveniente limpiar dos o más secciones adyacentes de prueba en una sola operación, en cuyo caso EL CONTRATISTA deberá obtener de LA INTERVENTORÍA para cualquier caso de esta naturaleza, el permiso correspondiente.
- ✓ La platina calibradora deberá tener un diámetro de 95% del diámetro interno y un espesor de 3/8 “ si es de aluminio; en caso de que sea de acero, el espesor será de 3/16”; las ranuras serán radiales y estarán separadas 60° y su ancho de 3/16”.

**2.11.4.2 Llenado y Purga de Aire.** Durante la operación de limpieza interior, deberán hacerse los arreglos necesarios para bombear y llenar de agua la tubería, con el objetivo de eliminar pérdidas de tiempo durante la operación de prueba.

Deberá instalarse un medidor en el lado de la succión de la bomba de llenado, con el objeto de determinar el tiempo aproximado requerido para llenar cada sección de prueba.

Un proporcionador con su bomba de descarga, deberá ser insertado en el lado de la succión de la bomba principal de llenado con el fin de inyectar el inhibidor de corrosión y el biocida, según sea el caso, al agua de prueba. En el caso que el agua de prueba vaya a permanecer un tiempo significativo dentro de la tubería, debe emplearse además un secuestrante de oxígeno.

Los inhibidores deben ser biodegradables y de acción biocida y soluble en el agua en las dosis indicadas por el fabricante, los cuales se adicionarán al agua en aquellos casos en donde LA INTERVENTORÍA lo considere conveniente.

El procedimiento para la operación del llenado y purga, deberá considerarse como mínimo lo siguiente:

- ✓ Obtención de la aprobación escrita de LA INTERVENTORÍA para la fuente de aprovisionamiento de agua y del drenaje de ésta después de la prueba con los correspondientes inhibidores de corrosión. LA INTERVENTORÍA no se pronunciará sobre el procedimiento hasta tanto no se haya presentado la correspondiente aprobación por parte de las Autoridades Ambientales de la concesión de agua y del permiso del vertimiento, que deberá ser tramitado por el CONTRATISTA.
- ✓ Preparar los filtros, malla mesh 100, bombas de llenado y la bomba de inyección adecuados y aceptados por LA INTERVENTORÍA.
- ✓ Instalar los raspadores de desplazamiento y proceder a llenar la tubería con agua. Los raspadores de desplazamiento precederán la columna de agua

tanto para ayudar a eliminar bolsas de aire como para hacer una limpieza interna adicional.

- ✓ Cuando los raspadores de desplazamiento lleguen a las trampas receptoras, las válvulas del extremo opuesto a la inyección se abrirán y el agua se dejará salir libremente hasta que se note que fluya libre de polvo, herrumbre o materiales extraños; en este momento, todas las válvulas en los tramos de la sección de prueba se cerrarán y se instalarán los tapones de prueba o bridas ciegas, habiendo parado previamente la bomba de llenado.
- ✓ Se tendrá especial precaución durante la operación de llenado, para mantener una presión suficiente para los raspadores de desplazamiento que preceden a las columnas de agua, a fin de prevenir la formación de bolsas de aire en los puntos más altos de la sección de llenado.
- ✓ El llenado debe ser continuo y preferiblemente de abajo hacia arriba a un caudal de llenado mínimo de 2 Km/hora.
- ✓ Es necesario indicar claramente las piscinas de oxidación y la forma como se va a disponer el agua y obtener los permisos que sean necesarios, ante las autoridades competentes, y no producir daños o inundaciones en terrenos vecinos fuera del Derecho de Vía.

**2.11.4.3 Presurización.** Estando lista la sección de prueba, deberá conectarse la bomba de presión a la instalación de llenado, bombeando hasta alcanzar una presión de 100 a 200 psi aproximadamente, permitiendo que dicha presión se mantenga a ese nivel durante un mínimo de 30 minutos, con el propósito de probar que no existen fugas mayores. Se continuará comprimiendo hasta alcanzar el 90% de la presión de prueba, la que se mantendrá 30 minutos hasta que se establezcan presiones y temperaturas.

Posteriormente se realizarán incrementos de 10 psi, los cuales deben ser perfectamente leídos en la escala del manómetro y registrados, hasta alcanzar la presión de prueba, la cual debe mantenerse por una hora; posteriormente se reducirá la presión 50 psi para realizar la prueba de hermeticidad con el propósito de prevenir aumentos de presión por encima del rango de presión hidrostática por efecto del aumento de temperatura de la tubería. Una vez haya sido alcanzada la presión de la prueba, se detiene y se apaga la bomba.

Se hará una cuidadosa revisión final para asegurar que ninguna de las válvulas en la sección de prueba tenga fuga. No debe comenzarse el período oficial de prueba hasta que se hayan estabilizado presiones y temperaturas. Los datos se registrarán en el formato de prueba durante las operaciones de elevación de presión. Previamente a la iniciación oficial de las pruebas todos los instrumentos de registro deberán ser calibrados, en el cabezal de prueba deberá utilizarse una balanza de peso muerto debidamente calibrada y certificada. El propietario del proyecto se reserva el derecho de revisar los certificados de calibración de los instrumentos y podrá rechazar aquellos que a su juicio sean inadecuados para el buen desarrollo de la prueba.

Se deberá tener 2 registradores de presión durante 24 horas con adecuado rango, para medir la máxima presión de prueba, estos deben ser complementados con una provisión de cartas y tintas.

Se debe contar con un registrador de temperatura durante 24 horas con rango de 0- 50 grados centígrados del tipo que pueda ser operado con una termocupla remota, este debe estar completo y contar con provisión de cartas y tintas.

El CONTRATISTA debe contemplar el suministro de termocuplas para medición de la temperatura de la pared del tubo.

**2.11.4.4 Procedimientos.** Antes de iniciar el período de prueba deberá darse un tiempo de 6 horas para estabilización térmica, la línea se considera estabilizada si la diferencia de temperaturas entre el agua y el suelo es menor de 1°C. Al iniciarse el período oficial de pruebas deberá registrarse la presión del fluido, determinada mediante el manómetro instalado en un extremo de la sección de prueba, y simultáneamente registrarse la temperatura en dos puntos diferentes a la sección de prueba.

Se debe hacer un test de aire a la línea, el cual se dará como satisfactorio si no excede el 6% del teórico.

Para la realización de los ensayos pulsatorios de la tubería se debe ejecutar el siguiente procedimiento:

- ✓ Elevar al 50% de la presión de prueba y mantener por espacio de una hora, luego bajar la presión a cero.
- ✓ Elevar al 75% de la presión de prueba y mantener por espacio de una hora, luego bajar la presión a cero.
- ✓ Elevar al 100% de la presión de prueba y mantener por espacio de una hora, luego bajar la presión a 200 psi.
- ✓ Finalmente para la prueba de presión propiamente dicha se deberá mantener la presión durante un período mínimo de 24 horas, el cual podrá ampliarse a juicio de LA INTERVENTORÍA si los resultados obtenidos así lo ameritan, esto no implicará en ningún caso reajustes o costos adicionales para El propietario del proyecto. Simultáneamente deberán tomarse lecturas de presión y temperatura cada hora. Deberán registrarse todos los datos de la

prueba en el formato establecido e incluirlos en la base de datos del proyecto. Una vez que se haya completado el período de prueba y habiéndose registrado todos los datos, LA INTERVENTORÍA interpretará los resultados. Todos los datos y registros relativos a la prueba pasarán a integrarse definitivamente a los archivos de El propietario del proyecto durante la vida útil de este sistema de tuberías.

**2.11.4.5 Presiones de la Prueba Hidrostática.** La máxima y la mínima presión de prueba no podrán ser superiores al 90% ni inferior al 72% del punto de fluencia de material especificado, respectivamente.

Las bombas de presión deberán tener 2 válvulas de alivio calibradas 5% por encima de la presión máxima especificada.

#### *Interpretación de resultados*

La prueba de alta presión sostenida durante el período de tiempo establecido por LA INTERVENTORÍA determinará la resistencia de la línea y permitirá la detección de cualquier posible fuga en la misma. La línea del gasoducto habrá pasado satisfactoriamente la prueba si no sobreviene una caída de presión durante el período de prueba, o si los cambios de presión que llegaren a efectuarse pueden ser correlacionados satisfactoriamente con las variaciones en la temperatura.

#### *Desplazamiento del agua y empates*

Si el gasoducto comienza a funcionar inmediatamente después de la prueba hidrostática, el agua de la prueba podrá ser desalojada por medio de raspadores empujados por compresores, previa autorización de LA INTERVENTORÍA. Deberá tenerse especial cuidado para mantener una contrapresión suficiente que evite la separación del agua durante el desplazamiento y llenado. La rapidez de la operación deberá ser controlada de

manera que en ningún sitio se sobrepasen las presiones de trabajo del sistema. El CONTRATISTA será responsable de la disposición adecuada del agua de la prueba en los sitios y formas presentados en el programa de pruebas aprobado por LA INTERVENTORÍA. Una vez que el agua haya sido desalojada satisfactoriamente de la tubería, las operaciones de empates o conexiones de secciones podrá ser llevada a cabo.

### *Procedimiento*

A continuación se presentan algunos puntos a considerar en el procedimiento general para el desplazamiento de agua y la operación de empate o conexión de cada una de las secciones de prueba:

- ✓ La brida ciega instalada sobre la válvula que se encuentra en el extremo de aguas abajo de la sección de prueba será retirada y la trampa receptora de raspadores será instalada (cabeza de prueba).
- ✓ Para el retiro del agua de prueba, se conectará tubería desde la válvula de esta trampa (cabeza de prueba) hasta el lugar autorizado para el drenaje de agua. Todas las tuberías provisionales para despresionar la línea y para desalojar el agua se asegurarán adecuadamente (por medio de estacas, sacos de arena etc.) para evitar que las líneas se muevan bruscamente y queden fuera de control.
- ✓ La balanza de peso muerto y los manómetros deberán ser calibrados con no más de 6 meses de anticipación por una entidad competente, la balanza tendrá una resolución mínimo de un (1) un psi.
- ✓ En caso de hacer el desplazamiento con aire deben abrirse las válvulas para el desecho del agua y la válvula principal en el extremo de aguas abajo de la sección de prueba. Una vez que la presión inicial haya disminuido

suficientemente a causa del flujo de agua, se debe abrir la válvula principal en el extremo de aguas arriba de la sección de prueba y poner a funcionar el compresor de aire.

- ✓ Después que el raspador de desplazamiento de agua ha llegado al múltiple receptor, otros raspadores o esferas podrán ser corridas dentro de la tubería para eliminar cualquier residuo de agua, a juicio de LA INTERVENTORÍA.
- ✓ Cualquier falla debida a materiales defectuosos o mano de obra proporcionada por EL CONTRATISTA, deberá ser reparada por él mismo, sin cargo alguno para el propietario del proyecto.
- ✓ En caso de falla la línea deberá ser reparada y presionada nuevamente hasta obtener una prueba totalmente satisfactoria.
- ✓ LA INTERVENTORÍA decidirá en cada caso los límites de presión y las velocidades de ascenso y descenso de la misma, lo mismo que la duración de la prueba.

#### *Precauciones de seguridad*

Durante la prueba, el área de bombeo debe ser acordonada y solo personal autorizado puede ingresar, las mangueras de llenado deben amarrarse con cadenas. Las cabezas de prueba, deben estar probadas con anterioridad a la prueba hidrostática y deben ser instaladas conforme a los procedimientos aprobados por LA INTERVENTORÍA. Ningún tipo de trabajo se debe realizar durante todo el tiempo que la línea este siendo presurizada o se encuentre bajo presión. La presión debe ser llevada a niveles seguros antes de permitir cualquier trabajo en las líneas.

## 2.12 PRECOMISIONADO Y PUESTA EN SERVICIO

Algunas definiciones:

Acta de entrega y recibo final: Es el documento mediante el cual el contratista hace entrega y el cliente recibe a satisfacción los bienes, las obras, o los servicios objeto del contrato dentro del plazo contractual.

Especialidad: Es una subdivisión de una etapa o sub-etapa de un Proyecto que identifica a un grupo de labores pertenecientes a una misma disciplina de ingeniería (civil, mecánica, tubería, eléctrica, etc.).

Terminación Mecánica: Conjunto de pruebas y verificaciones a realizar por el cliente, donde conste que todos los componentes de la instalación se encuentran satisfactoriamente preparados para el inicio y posterior operación, conforme a las especificaciones y manuales de terminación mecánica y puesta en marcha.

**2.12.1 Metodología.** El comisionado está conformado por la actividad básica que se describe a continuación:

Pruebas con fluidos a presión: Actividad que involucra el inertizado de SISTEMAS, la prueba de estanqueidad de las instalaciones a la presión de operación (leak test), la presurización con el fluido de proceso, la verificación de los lazos de control, pruebas de los sistemas de shut down y blow down.

El comisionado se desarrolla en tres fases:

- ✓ Planificación
- ✓ Ejecución
- ✓ Cierre

Cada una de estas fases requiere de información precisa y procedimientos acordados. A continuación se desarrolla la metodología propuesta para cada fase.

### **2.12.2 Planificación del Comisionado.**

Documentación básica inicial: Como guía, se deberá disponer de la siguiente información para iniciar el proceso de planificación, la cual proviene del área de ingeniería y de construcciones:

- ✓ Lay Out de instalaciones.
- ✓ Lista de Líneas.
- ✓ Lista de Válvulas.
- ✓ Lista de Instrumentos.
- ✓ Procedimientos, Instructivos y Formularios para prueba de instalaciones ya definidos en el Proyecto.
- ✓ Cronograma de ejecución de la obra y del precomisionado.
- ✓ Registros de precomisionado.
- ✓ Listados de Pendientes de precomisionado.

Definición de sistemas y subsistemas: Para el comisionado se utiliza la definición de sistemas adoptada en el precomisionado. Opcionalmente el Jefe de comisionado podrá agrupar o subdividir los sistemas de acuerdo a la conveniencia práctica.

Definición de especialidades: Normalmente se utilizan las especialidades definidas en el precomisionado. Cada especialidad estará integrada por personal especializado, acorde con los requerimientos de cada tarea de verificación. Las especialidades civil y recipientes no tienen mayores aportes en esta etapa. Las especialidades consideradas son las siguientes:

- ✓ Procesos
- ✓ Equipos mecánicos
- ✓ Alistamiento
- ✓ HSE
- ✓ Otras especialidades (comunicaciones; laboratorio, etc.) se definen en caso de ser necesario.

Preparación técnica para el comisionado: Las tareas de preparación técnica para la ejecución del Comisionado deben ser consideradas en la planificación de los recursos. Esta preparación incluye la definición del alcance de los trabajos, la planificación, ejecución y envío de los procedimientos. Una parte de estas actividades deberá ser realizada en paralelo con la preparación de las tareas de Precomisionado.

Las actividades de preparación técnica del comisionado incluyen la definición de los siguientes ítems:

- ✓ Funciones Básicas: Un ítem o grupo de ítems de equipamiento que realiza una función elemental de la planta es llamada Función Básica. Es el equipamiento más pequeño que puede ser sujeto a Comisionado.
- ✓ Base de Datos Técnica: La Base de Datos Técnica con el listado de todas las funciones básicas agrupadas por subsistema y la compilación de otro tipo de información relevante, se desarrolla durante la fase de preparación para el comisionado. Durante la fase de ejecución la base de datos será usada por el equipo de comisionado como un documento de trabajo, registrando las fechas de finalización de cada test funcional y toda otra actividad de comisionado listada en ella.

- ✓ Pruebas Funcionales: Una Prueba Funcional es un ensayo energizado de una función básica, por ese motivo es una actividad de una única disciplina.

Equipamientos y recursos para el comisionamiento: Con la información anterior es posible elaborar un listado inicial de los equipamientos y recursos que deben preverse para la ejecución del Comisionado. Como guía pueden mencionarse los siguientes:

- ✓ Procesos: Copias de P&ID, Hojas de Datos de Equipos y acceso a toda la Ingeniería del Proyecto.
- ✓ Equipos Mecánicos: Manuales de Operación y Mantenimiento de Equipos.
- ✓ Alistamiento: Juegos de P&ID última revisión; Mano de obra directa de la especialidad tuberías para inertización de líneas; Mano de obra calificada para construcción de andamios; Compresores de aire con mangueras especiales; Disponibilidad de escaleras, andamios, grúas, guindolas, etc.; Juntas de repuesto; Provisión de nitrógeno; Elementos de seguridad requeridos; Tapones, cuplas, válvulas de bajo diámetro; Medidores de Oxígeno y de mezcla explosiva (LEL) normalmente disponibles en el Área de Seguridad, detergente, pinceles (Para prueba de fugas en bridas y uniones roscadas); o Equipos de comunicaciones (Radios, Handies); o Sellantes de roscas (teflón, pastas especiales, X Pando); o Chapas ciegas.

Las cantidades de cada elemento o servicio deberán ser definidas para el Proyecto, así como requerimientos o materiales no incluidos en los listados anteriores

Cronograma de comisionamiento: El cronograma de comisionado se llevará a cabo siguiendo la clasificación en sistemas y subsistemas definidos

previamente. Para cada tarea es necesario definir el tiempo estimado de su realización. Es práctica habitual preparar una secuencia de comisionado, que indica los Sistemas que deben ser comisionados antes que otros. Esta secuencia responde a la estrategia general que se haya considerado para arribar a la puesta en marcha de la planta y depende de las condiciones de borde del Proyecto. Dentro de la secuencia de comisionado se pueden distinguir las siguientes etapas y/o hitos, los cuales son de gran importancia por razones de seguridad y de organización.

✓ Etapas:

Comisionado sin fluido de proceso: Se compone de tareas que no requieren de fluido de proceso en la Planta. Por ejemplo: inertización y leak test con nitrógeno.

Comisionado con fluido de proceso: Incluye la presurización de la instalación. Lógicamente cambia la condición de seguridad, motivo por el cual se deberían tramitar permisos especiales para la realización de otros trabajos en los frentes de obra.

✓ Hitos:

Entrada de fluido de proceso provisoria o parcial: Permitirá disponer de fluido de proceso para pruebas sin necesidad de presurizar totalmente las instalaciones. Se deberán acordar las condiciones de seguridad necesarias para esta etapa, que podrán ser parciales respecto de las disponibles por el CONTRATANTE.

Las condiciones de seguridad cambiarán completamente en las áreas físicas donde ha ya fluido de proceso.

Entrada de fluido de proceso definitiva: Este hito está vinculado al ingreso definitivo de fluidos de proceso a la Planta, y requiere que los sistemas de incendio (extintores) estén habilitados y que exista personal calificado para operar estos sistemas.

Listo para puesta en marcha: Cuando un sistema ha completado el comisionado, ese sistema alcanza la condición de Listo para puesta en marcha. Cuando todos los sistemas alcanzan esta condición, la acometida está disponible para iniciar la operación en forma integral.

De este modo el cronograma de comisionado revela aspectos tan importantes como:

- ✓ Los sistemas sobre los que se deberá trabajar primero para no demorar la puesta en marcha de la acometida.
- ✓ La secuencia de comisionado.
- ✓ El camino crítico de la actividad.
- ✓ Los requerimientos de fluidos auxiliares
- ✓ La vinculación con hitos externos al proyecto.

Procedimientos y formularios de comisionado: Definidos los ítems anteriores, es necesario especificar los procedimientos y formularios que se utilizarán para el registro de las actividades de comisionado. De existir documentos, instructivos y formularios del Constructor, Proveedor, Compañía o Manager del Proyecto, se acordará convenientemente el conjunto de documentos aplicables para cada caso.

**2.12.3 Ejecución del Comisionado.** Una vez elaborada la documentación indicada en la etapa de planificación y cuando la obra alcanza un estado avanzado del precomisionado, se deben comenzar las tareas de comisionado.

La organización de la documentación de Comisionado se realizará de acuerdo al esquema adoptado para el manejo de la documentación de Precomisionado.

Las tareas que cada especialidad debe realizar son las siguientes:

- ✓ Procesos: Tiene a su cargo el apoyo a las operaciones de comisionado, verificación de las condiciones de operación de equipos mecánicos, caudales mínimos, temperaturas máximas, revisión de seteos de alarmas y paros en el Sistema de Control, y . análisis de los problemas que se pueden presentar durante esta etapa, especialmente cuando se opera en condiciones diferentes a las de diseño. Preparación de procedimientos específicos.
- ✓ Alistamiento: El supervisor de Alistamiento tiene a su cargo la realización de los ensayos de estanqueidad (Leak test), presurización de instalaciones, carga de fluidos auxiliares, limpieza o flushing especiales de las instalaciones que no se hayan realizado en la etapa de precomisionado, verificación y/o carga de elementos filtrantes, registro de bloqueos operativos (Placas ciegas), verificación de las condiciones de operatividad de los sistemas, circulaciones en frío y caliente. Normalmente los técnicos que participan de esta actividad tienen el perfil de operadores de planta, deben conocer el proceso operativo y su control, las características de los fluidos a manejar y tener una fuerte formación en seguridad.
- ✓ HSE: Desarrollar planes de entrenamiento e inducción del personal, sobre las actividades riesgosas del comisionado. Desarrollar procedimiento de acceso a las instalaciones. Diseñar Plan de Emergencia y de Evacuación. Desarrollar procedimiento de Permisos de Trabajo. Establecer matrices de riesgo y participar en la evaluación de las actividades riesgosas, con respecto a dicha matriz. Liderar las charlas diarias de seguridad o "Toolbox Meeting". Desarrollar tríptico informativo de puntos de concentración y rutas

de escape. Dirigir simulacros de incendio, fuga de gas, evacuación del personal, rescate y traslado de heridos. Desarrollar reuniones de seguridad periódicamente. Asesoría en la identificación de materiales peligrosos y/o prohibidos. Manejo de los "MSDS" de todos los productos utilizados en las instalaciones. Asegurar el cumplimiento de las políticas y procedimientos de manejo de desecho. Liderar auditorías de seguridad a las instalaciones.

- ✓ Otras a definir (comunicaciones; laboratorio, etc.) se definen en caso de ser necesario.

Preparación de Tuberías: Con anterioridad al ingreso de la alimentación a las instalaciones, una serie de tareas específicas deben ser llevadas a cabo en las tuberías. Estas tareas son las siguientes:

- ✓ Leak tests: pruebas de presión a los subsistemas generales o circuitos de ensayo, realizados a la presión máxima de operación de las tuberías, inmediatamente antes del ingreso de gas.
- ✓ Secado: remoción del agua líquida de las instalaciones logrando un determinado punto de rocío.
- ✓ Carga de Productos Químicos.
- ✓ Inertización: remoción del oxígeno de las tuberías y recipientes que contendrán hidrocarburos.

Organización en obra: El jefe de comisionado debe asegurar una excelente comunicación entre:

- ✓ El jefe de obra y el área de calidad de la obra.
- ✓ El equipo de precomisionado.

- ✓ El equipo de comisionado.
- ✓ Los contratistas de comisionado.
- ✓ Los equipos de inspección y/o puesta en marcha.
- ✓ El jefe y equipo de seguridad del CONTRATANTE.

Cada especialidad debe contar con los formularios aprobados para volcar la información generada. Estos formularios pueden ser completados por los contratistas o por el mismo personal de comisionado, de acuerdo al caso. Si es posible, los formularios pueden estar ya impresos con toda la documentación técnica requerida, restando efectuar las mediciones de campo, y la firma final de los mismos. Normalmente los inspectores de la Compañía deben firmar esta documentación en conjunto con el Jefe de comisionado.

La documentación de comisionado se debe organizar en biblioratos (dossier), uno por subsistema. El set de dossiers y sus separadores debe ser preparado anticipadamente. De este modo, cada especialista tiene la misión de:

- a) Ejecutar las tareas de comisionado definidas en su alcance particular.
- b) Completar los formularios, planillas, etc., y firmar los mismos en conjunto con la inspección de la Compañía (si la hubiera).
- c) Entregar esta documentación al área de Administración de Documentación de comisionado.
- d) Generar el listado de pendientes de la especialidad y del sistema y efectuar el seguimiento de los mismos, hasta que sean resueltos.

Cumplido el comisionado se debe firmar el acta de aceptación de comisionado por:

- ✓ La Compañía en forma directa o a través de su inspección.
- ✓ El jefe de comisionado.

Este Acta debe estar acompañada del listado de pendientes acordado con la Compañía, donde no deben existir ítems o pendientes de tipo impeditivos. El Acta es el registro válido y legal que asegura que las tareas se han realizado de manera controlada, y se está en condiciones de pasar al próximo proceso, la puesta en marcha de la planta.

Dossier de comisionado: El equipo de comisionado compilará toda la documentación pertinente a las tareas de Comisionado en un dossier específico, ordenado por subsistema, el cual contendrá toda la información requerida para demostrar que el subsistema ha alcanzado el estado "Ready For Start Up".

El Legajo incluirá lo siguiente:

- ✓ Certificado de Listo Para Puesta En Marcha (Ready for Start Up Certificate)
- ✓ Listado de Pendientes de Listo para Puesta en Marcha (Ready for Start Up Punch List)
- ✓ Diagramas de SUBSISTEMAS (Sub-system Diagram Drawings)
- ✓ Technical Data Base y Functional Tests Sheets: Especialidad Eléctrica, Especialidad de Instrumentación, Especialidad Mecánica, Especialidad de Telecomunicaciones.
- ✓ Piping and Vessel Preparations: Especialidad de Tuberías y Recipientes
- ✓ Informes de Vendedores y Pruebas & Procedimientos específicos
- ✓ Lista de Modificaciones

**2.12.4 Cierre del Comisionado.** Todos los registros generados, debidamente ordenados y encarpados deben ser entregados a la Compañía en la cantidad de copias especificadas en el contrato. El original de los registros queda en poder de la empresa. Las actividades de comisionado serán preparadas, llevadas a cabo y reportadas por subsistemas, de acuerdo con una secuencia de comisionado.

La transferencia de responsabilidades del comisionado al equipo de operaciones tomará lugar en base a subsistemas. La transferencia de responsabilidad de un SUBSISTEMA se formalizará con la firma del certificado de "Listo para Puesta en Marcha" (RFSU, Ready for Start Up) y del mutuamente aceptado "Listado de Pendientes Apto para Puesta en Marcha" del subsistema. La transferencia de un dado subsistema tomará lugar cuando el mismo ha alcanzado el status de "RFSU", lo cual significa que:

- ✓ Todas las operaciones de comisionado del subsistema han sido completadas.
- ✓ Ningún ítem pendiente afecta la operación, seguridad o la realización de actividades de puesta en marcha.
- ✓ El área del subsistema presenta orden y limpieza.
- ✓ El Dossier del comisionado ha sido completado, entregado y aprobado.

## **2.13 NUEVAS TECNOLOGÍAS: SOLDADURA AUTOMÁTICA**

**Generalidades:** Los procedimientos de soldadura y sus electrodos se adaptarán a la clase de material a soldar, espesor y formas de las juntas indicados en las WPS aprobadas por EL CLIENTE y a las posiciones en que las soldaduras deban realizarse para garantizar que el metal quede depositado

satisfactoriamente en la junta y reducir al mínimo las distorsiones y los esfuerzos por la retracción del material. Las caras de fusión y las superficies circundantes estarán libres de escorias, aceites o grasas, pinturas, óxidos y cualquier otra sustancia o elemento que pueda perjudicar la calidad de la soldadura. Se atenderán las normas nacionales e internacionales para el calibre y tipo de electrodo, amperaje, tipo de corriente a utilizar, etc. Así mismo, se atenderán las normas y recomendaciones de los fabricantes de los electrodos y de los elementos a soldar (tuberías, accesorios, láminas, etc.)

**Electrodos:** Los electrodos y consumibles de soldadura deben cumplir con los requerimientos especificados en el WPS a utilizar para cada material base o combinaciones de materiales base. Los materiales de soldadura se deben almacenar de una forma apropiada de acuerdo con los requisitos del CLIENTE o según las recomendaciones del fabricante. Los electrodos en forma de alambre sólido para el proceso automático que por condiciones ambientales no adecuadas presenten oxidación en su superficie deben ser apartados para no ser usados en la soldadura. En caso que se detecte esta condición la soldadura será rechazada.

Si por algún motivo los electrodos revestidos son contaminados con polvos, mugre, grasas o mala manipulación deben ser separados y usados a juntas diferentes a las juntas normales de la tubería. Si por algún motivo se ha quedado soldadura a la intemperie o ha sido mojada esta debe ser descartada por el soldador y ser apartada del frente de trabajo para evitar usarlas en las juntas originales de la tubería.

**Controles durante la soldadura:** Antes de iniciar las operaciones de soldadura, un extremo abierto de la tubería deberá cubrirse para evitar que el viento le afecte. Cuando se considere necesario y práctico se instalarán carpas en el área donde se realice la junta de soldadura. Cuando el precalentamiento

esté especificado en las WPS, toda la circunferencia de la junta será precalentada al mismo tiempo (excepto el precalentamiento local en caso de reparaciones), manteniendo la temperatura durante toda la soldadura hasta que se haya terminado. El método de precalentamiento y la temperatura, se especifican en la WPS. El material de aporte utilizado en la tubería debe estar de acuerdo con las WPS, y se controlaran las características de este al momento de iniciar la soldadura. Cada pase de soldadura debe ser limpiado para eliminar toda la escoria de soldadura y materiales extraños producto de desgaste del cepillado antes del siguiente pase.

Los métodos de limpieza se harán de conformidad con el procedimiento aprobado de las especificaciones de soldadura. Se debe proteger el revestimiento adyacente a la soldadura. Los parámetros de soldadura se verificarán con una frecuencia de una vez al mes en cada equipo de soldadura, para asegurar que el rango de valores que figuran en las WPS se cumple durante la ejecución de la soldadura. La señalización se hará en un área de tubo adyacente a la soldadura. La identificación de la soldadura se hará de forma que se identifique cada pase. La soldadura ambos lados del tubo (derecha l izquierda), se marcará con referencia a la dirección del flujo. Cada soldadura debe ser limpiada con pulidora para eliminar toda la escoria, salpicaduras, etc. Los puntos altos se bajarán con cuidado por tanto el cepillo debe ser manejado con menor potencia. La distancia mínima entre dos soldaduras consecutivas no puede ser inferior a  $2 \times \text{Diámetro}$ .

**Soldadura TIE-IN:** La sobre posición de tubería resultante en los fin de tramo o tie-in deberá ser cortada y removida teniendo especial cuidado en esta actividad debido expansión/contracción de la tubería, la cual deberá ser tomada en consideración para asegurar que la unión resultante no presenta estrés. Los Tie-in se llevarán a cabo preferentemente en la zanja para minimizar el esfuerzo en el empate de la soldadura. En este caso la zanja debe suministrar el espacio

y acceso adecuado para los soldadores y para realización de END. La soldadura en los Tie-en, debe realizarse de acuerdo con el WPS aprobado para este caso. Los tie-in de soldadura tienen que ser completado en un ciclo de calor. Este requisito sólo será aplicable en caso de tie-in restringido y no para las juntas sin esfuerzos.

**Inspección y pruebas:** El equipo de calidad trabajará en conjunto el supervisor de soldadura para garantizar que el trabajo se lleva a cabo de conformidad con las especificaciones del proyecto, WPS, Método y requisitos de Inspección y Plan de pruebas. El coordinador de calidad realizará una inspección visual de las actividades de soldadura. Si cualquiera de las personas implicadas encuentra alguna irregularidad, inmediatamente se notificará al jefe de obra para iniciar acciones correctivas. Está previsto realizar un corte de junta por cada kilómetro de producción, la cual será escogida por el CLIENTE y enviada a laboratorio para ensayos mecánicos.

**2.13.1 Generalidades del Ultrasonido<sup>1</sup>.** Para efectuar el control no destructivo de materiales, el ensayo de ultrasonidos emplea un principio físico que es la capacidad de las ondas sonoras para propagarse a velocidad constante a través de materiales homogéneos.

La técnica del ensayo consiste básicamente en la emisión de ondas sonoras o acústicas de elevada frecuencia (ultrasonidos) a través de la pieza o material a verificar, que posteriormente son recogidas por un receptor.

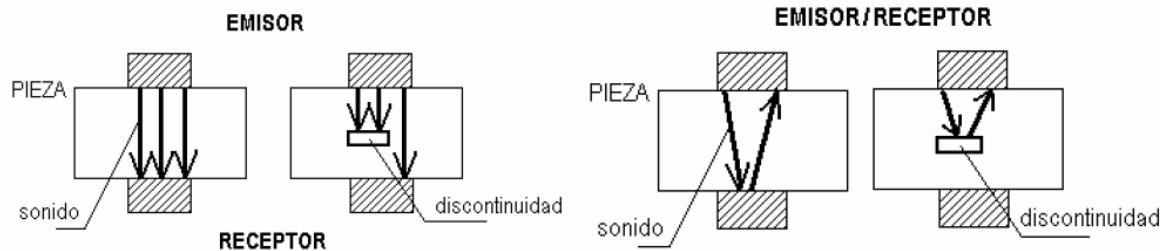
Cuando estas ondas se encuentran con algún tipo de heterogeneidad sufrirán alteraciones en su intensidad, dirección y sentido, que serán detectadas por el

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Comahue. Facultad de Ingeniería. Laboratorio de Ensayos no Destructivos. 2002

receptor, el cual, nos puede medir: la intensidad de sonido que le llega (transmitida o reflejada), el tiempo transcurrido, o ambas a la vez.

Figura 12. Detección mediante señal transmitida y reflejada



Fuente: Echeverría, Ricardo. Ultrasonido. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ensayos No Destructivos. 2002

Si estos resultados los traducimos visualmente mediante un equipo de medición adecuado, a través de la interpretación de éstos, podremos determinar la condición interna de la pieza y si esta se ajusta a las características exigidas.

### 2.13.1.1 Proceso del Ensayo.

**Procedimiento de transmisión:** En este procedimiento se evalúa la parte del ultrasonido que ha sido transmitido a través de la pieza que se ensaya. A un lado de la pieza se aplica un emisor de sonido y al otro, un receptor. En presencia de un defecto, la intensidad sonora en el receptor disminuye a causa de la reflexión parcial o se hace nula en el caso de reflexión total como se muestra en la figura 2.14. Lo mismo da que se emplee sonido continuo o impulsos de sonido para el ensayo, pues el emisor y el receptor eléctricamente están separados entre sí. En este ensayo no se puede determinar la profundidad a la que está localizado el defecto de la pieza. Existen zonas de transmisión en el recorrido del sonido. Dado que se utilizan dos palpadores, existen zonas de transmisión en el recorrido del sonido (“acoplamiento”) que influyen sobre la intensidad de sonido en el receptor (la zona de transmisión del

emisor a la pieza objeto y la de la pieza en el receptor). Así mismo es necesaria una exacta alineación geométrica entre el emisor y el receptor.

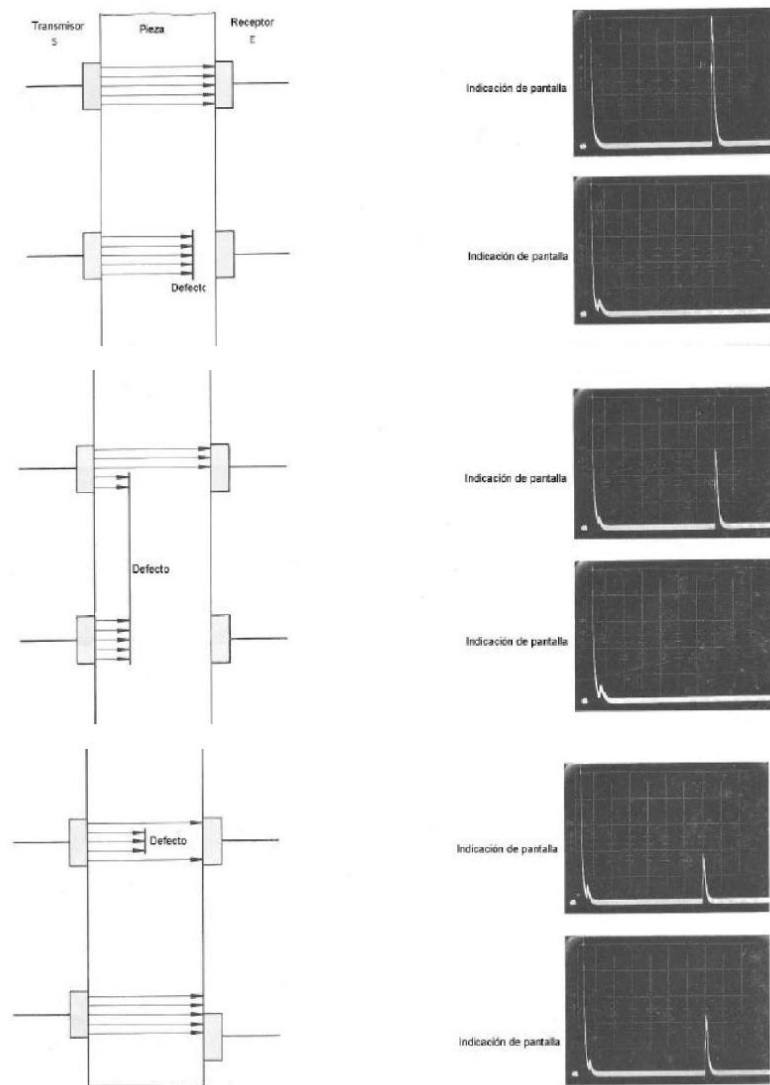
**Procedimiento de pulso-eco:** Este procedimiento se designa también como procedimiento de pulsos o impulsos reflejados, utiliza la porción reflejada del sonido para la evaluación de defectos. El oscilador piezoeléctrico funciona a la vez como emisor y receptor. Como la energía recibida es mucho más débil que la emitida, aquí no puede operarse sobre la base sonido continuo, empleándose exclusivamente impulsos de sonido. Un impulso eléctrico de corta duración genera una análoga onda ultrasónica; inmediatamente después, mientras aún se está propagando la onda, el mismo oscilador está listo para la recepción. La onda sonora penetra en el material, hasta que, como resultado de una superficie límite, tiene lugar una reflexión parcial o total. Si la superficie reflectante se encuentra perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda sonora, ésta es reflejada en su primitiva condición y al cabo de un tiempo determinado, que dependen de la velocidad del sonido en el material objeto de ensayo y de la distancia que existe entre el oscilador y la superficie reflectante, llega de vuelta al oscilador, siendo reconvertida en un impulso eléctrico.

No toda la energía que regresa es convertida en energía eléctrica, sino que en la interfaz entre el palpador y la superficie de la pieza tiene lugar de nuevo una reflexión parcial; una parte menor del sonido atraviesa por segunda vez a pieza, y así sucesivamente. De este modo se origina una sucesión de ecos como se muestra en la figura 2.15.

Debe tenerse presente además que no solamente el lado posterior, sino cualquier otro reflector (defecto) determina ecos múltiples como se muestra en la figura 2.16. Puesto que se puede medir el tiempo de recorrido y se conoce la velocidad del sonido de la mayor parte de los materiales, éste método permite establecer la distancia existente entre el oscilador y la superficie reflectante, o

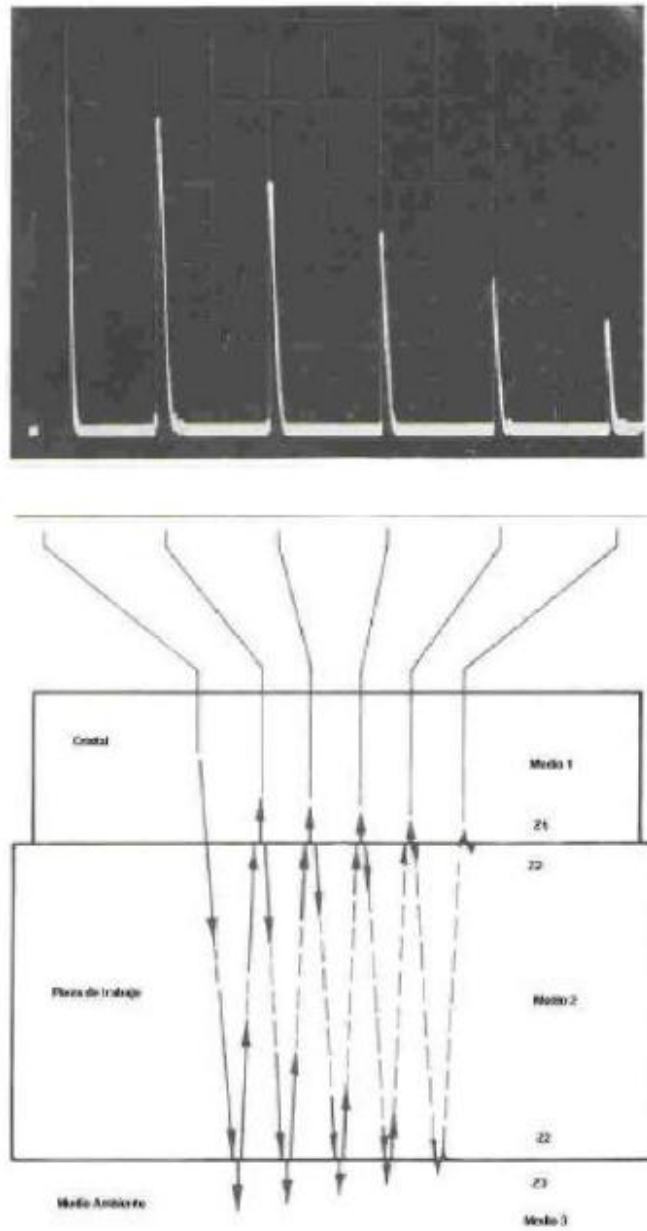
dicho de otro modo, determinar la posición del reflector según la figura 2.17. Por esto es que se emplea este procedimiento en la mayoría de los casos. Agregase a ello que no hay más que una sola superficie de acoplamiento (que es atravesada en el viaje de ida y de vuelta) entre el oscilador y la pieza, por lo que resulta mucho más sencillo mantener constante el acoplamiento.

Figura 13. Método de Transmisión (Esquema)



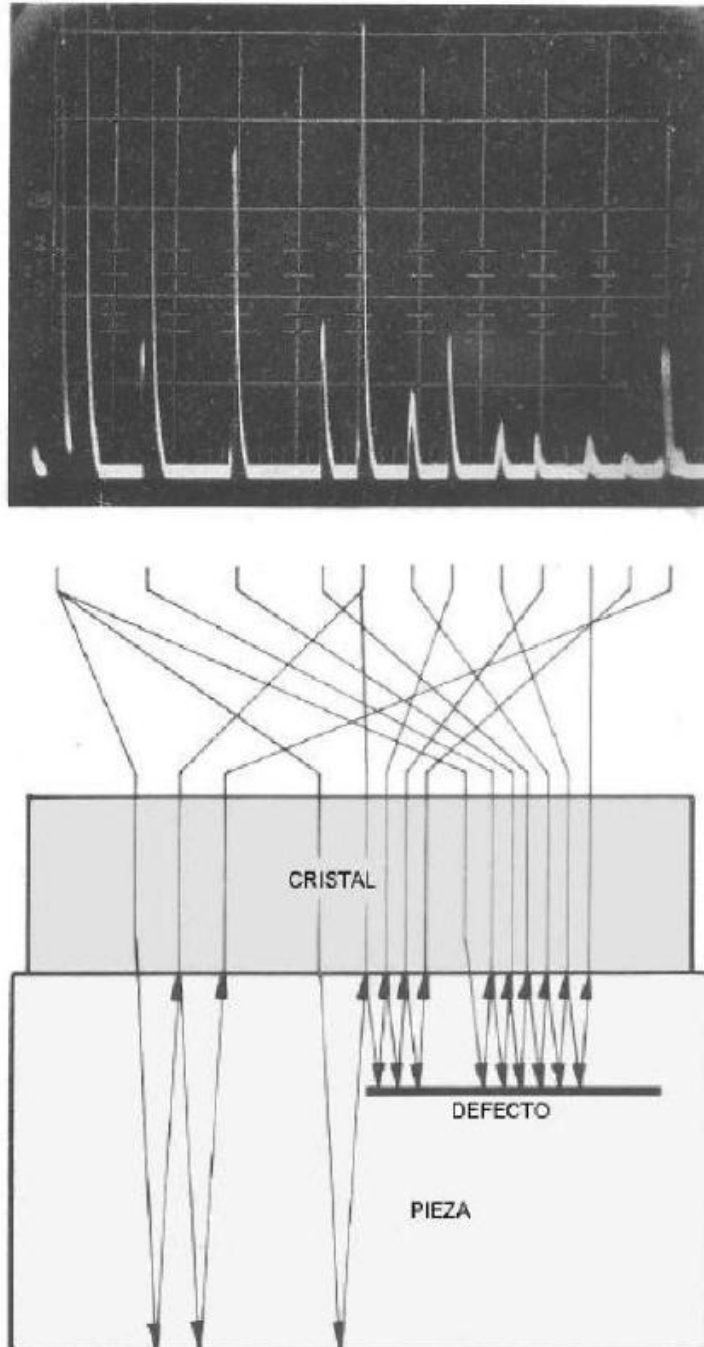
Fuente: Echeverría, Ricardo. Ultrasonido. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ensayos No Destructivos. 2002

Figura 14. Formación de ecos múltiples (esquema)



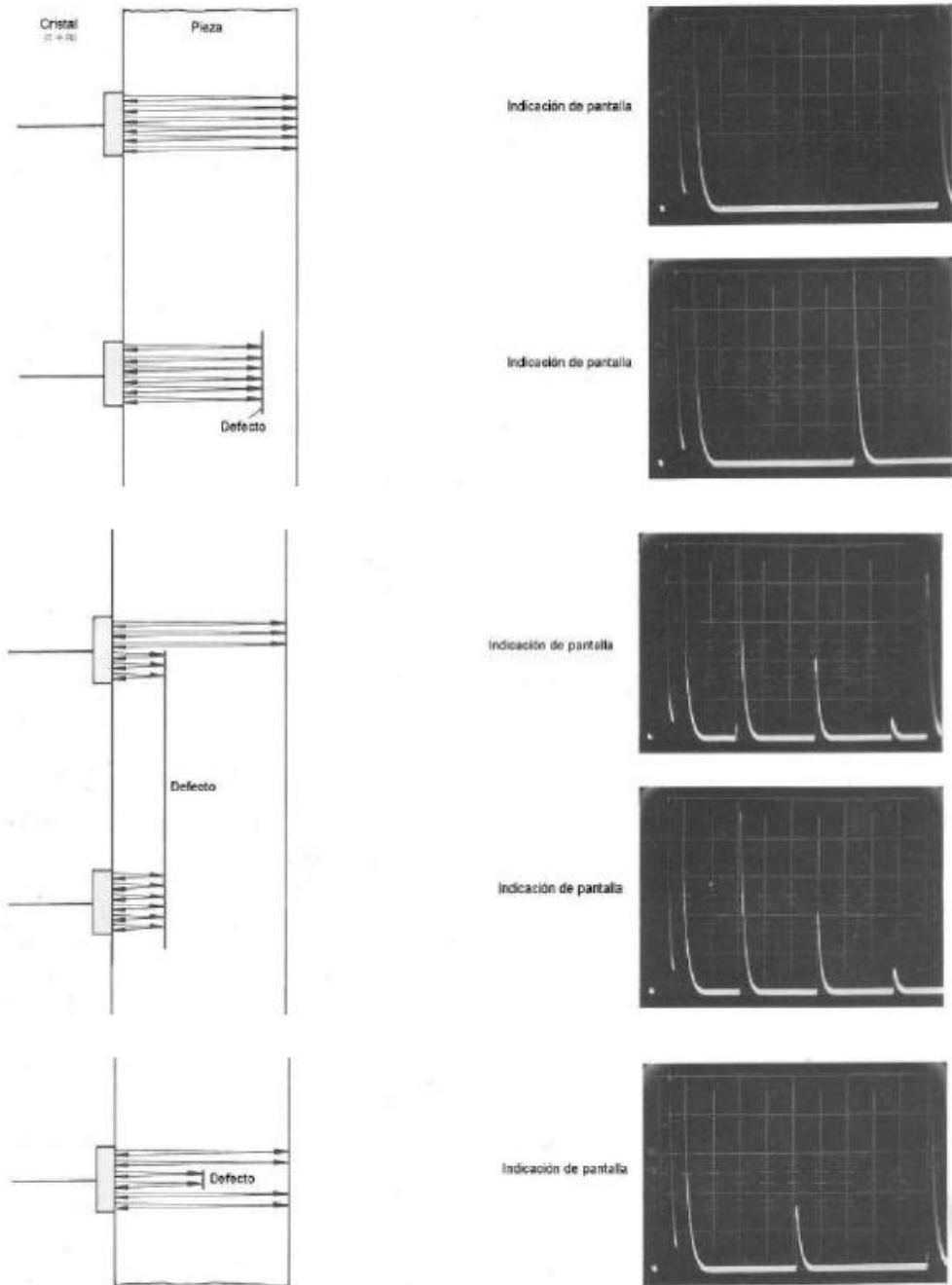
Fuente: Echeverria, Ricardo. Ultrasonido. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ensayos No Destructivos. 2002

Figura 15. Ecos múltiples causados por el eco de fondo y un defecto (esquema)



Fuente: Echeverría, Ricardo. Ultrasonido. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ensayos No Destructivos. 2002

Figura 16. Método de pulso eco (esquema)



Fuente: Echeverría, Ricardo. Ultrasonido. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ensayos No Destructivos. 2002

**2.13.2 Principios Generales de Inspección.** El procedimiento describe los métodos de la inspección ultrasónica automatizada con el sistema PipeWIZARRO Phased Array. El AUT (Automated Ultrasonic Testing o Inspección Ultrasónica Automatizada) es un sistema de investigación aplicado a juntas circunferenciales soldadas a tope, basado en el método Pulso-Eco, ampliado con la técnica ToFD (Difracción por Tiempo de Vuelo). La sección transversal de la soldadura se divide en diferentes zonas. Cada zona es examinada por un haz ultrasónico. Los palpadores están diseñados para analizar la soldadura completa, desde ambos lados, en un solo escaneo circunferencial. Los datos ultrasónicos recolectados son transferidos a una computadora para ser visualizados, y para análisis posterior.

### **2.13.3 Descripción de la Inspección Ultrasónica Utomatizada.**

**Instrumentación Ultrasónica:** Se empleará un detector de defectos ultrasónico multicanal automatizado, tal como el PipeWIZARRO; el cual provea el número adecuado de canales de inspección (secuencias) para asegurar la total evaluación volumétrica de la soldadura a través de su espesor en un solo escaneo circunferencial. Cada canal proveerá una presentación de la inspección ("Scan A") que pueda ser seleccionado individualmente.

**General:** El ruido electrónico debe ser menor al ruido acústico en todas las secuencias para los palpadores y la sensibilidad utilizada durante la inspección. La relación señal a ruido para cada secuencia durante la evaluación debe ser al menos, 20 dB por onda de palpador no comprimida.

**Registros:** Los resultados de la inspección son presentados en un monitor a color. La distribución del monitor y el número de secuencias usadas son configurados para presentar el espesor de la soldadura a ser evaluada, dividida en zonas de inspección. La presentación debe proveer la siguiente información:

- ✓ Amplitud y tiempo de vuelo relativo (sobrepuestos)
- ✓ Sección de la imagen para Mapeo
- ✓ Sección de la imagen para Control de Acoplamiento
- ✓ Sección de la imagen para ToFD
- ✓ Información acerca de la posición del escáner a lo largo de la circunferencia
- ✓ Encabezado, donde se ingresa la información específica del trabajo
- ✓ Hora y fecha de la inspección

Los datos de cada inspección de soldadura se almacenan en un disco duro. Adicionalmente se genera una copia en un disco óptico. Los archivos de la inspección podrán ser visualizados en cualquier momento. Los escaneos podrán ser vistos adecuadamente en locación, incluso en un PC especialmente instalado en sitio disponible al Cliente. Los resultados de inspección serán impresos en una imagen comprimida de la circunferencia de la soldadura en color.

**Escanes y umbilical:** El escáner utilizado debe cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ Movimiento mecánico durante la inspección.
- ✓ Capacidad de contener tantos palpadores como sean necesarios, individualmente equipados con un resorte, los cuales puedan ser individualmente ajustados desde el centro de la soldadura.
- ✓ Palpadores con acoplamiento controlable o por conjunto.
- ✓ Cable de conexión de 25 m
- ✓ Equipado con un dispositivo (encoder) para medir con precisión la posición del escáner sobre la circunferencia.
- ✓ Máxima velocidad de 100 mm/s

**Descripción del emulador:** El emulador consiste de un soporte con la misma forma de la tubería en consideración, pero con un espesor mucho menor. Sobre el emulador se instala una banda a la misma distancia del centro de la soldadura como la banda instalada sobre la tubería respecto a la soldadura a ser evaluada. En el medio se extrae un corte que permita la instalación del bloque de calibración, el cual servirá para monitorear el progreso del sistema. La condición de la superficie debería ser similar a las condiciones prácticas para implementación del control.

**Bloques de calibración:** El bloque de calibración será fabricado y revisado de acuerdo a la norma ASTM E1961 y contendrá defectos artificiales para ajustar la sensibilidad para la inspección. El bloque será diseñado con un área lo suficientemente amplia para permitir que el transductor realice un escaneo completo en un solo paso. El bloque de calibración debe ser manufacturado a partir del mismo material, con el mismo espesor y diámetro, producido por el mismo fabricante, que la tubería del ducto; y no tener recubrimientos ni soldaduras. En caso de que existan diferentes proveedores y grados del material, se deben realizar ajustes para cada uno de ellos y por lo tanto para cualquier tipo de material o proveedor. Los reflectores para el Pulso -Eco deben ser perforaciones o muescas de fondo plano, las cuales están posicionadas sobre el perfil de la soldadura, con excepción de la muesca transversal que está ubicada a 90° respecto a la soldadura. Las muescas para el ToFD se usan para determinar la habilidad del sistema de reconocer defectos superficiales. El bloque de calibración debe ser identificado con un número serial impreso sobre el mismo. El bloque de calibración debe también contener:

- ✓ Agujeros pasantes de 0.2 mm en ambos extremos de la longitud del bloque, sobre la línea central. Estos son utilizados únicamente para ubicar el centro de la soldadura.

- ✓ Muestras, excepto el que se encuentra a 90° respecto al eje de la soldadura, para indicar la posición a lo largo del perfil de la soldadura (presentación y raíz).
- ✓ Muestras ToFD, utilizadas para evaluar las indicaciones de defectos superficiales.
- ✓ Cada perforación y cada muestra será verificada y de acuerdo a la norma ASTM E1961 para asegurar su validez.

**Canales pulso-eco y tandem:** Las compuertas deben ser ajustadas cuando el grupo de elementos, o el palpador convencional, está posicionado sobre el reflector de señal pico (80% FSH) en el bloque de calibración. La compuerta debe empezar mínimo 3 mm (tolerancia para la zona afectada por el calor) antes del bisel teórico de la soldadura. El final de la compuerta estará típicamente ubicado mínimo 1 mm después del centro teórico de la soldadura. Todas las compuertas estarán programadas para grabar la información acerca de la amplitud y/o el tiempo de vuelo. La longitud en el canal para la inspección del primer pase será extendido para detectar la penetración de la soldadura.

**Canales de mapeo:** Las compuertas para los canales de mapeo en el cuerpo de la soldadura iniciaran mínimo 3 mm (tolerancia para la zona afectada por el calor) antes del bisel teórico de la soldadura. La longitud de la compuerta será extendida para detectar el refuerzo de la presentación. Las compuertas del mapeo del primer pase serán idénticas a las del canal pulso-eco para detectar la penetración de la soldadura.

**Canal ToFD:** La compuerta del canal ToFD iniciará 1µs antes de la onda lateral y debe extenderse para incluir el primer eco de la pared posterior, para lograr un cubrimiento completo del espesor. La configuración de las compuertas

puede ser modificada dentro de los límites permitidos, si las señales geométricas lo requieren.

**Ajuste de la sensibilidad:** La sensibilidad debe ser ajustada cuando el palpador detecta la señal pico proveniente del reflector de calibración de referencia. La sensibilidad para todos los canales pulso-eco debe estar configurada a  $80\% \pm 10\%$  de la altura total de la pantalla (FSH). El umbral mínimo para registro será 5% para todas las secuencias. El canal de mapeo sobre el cuerpo de la soldadura será utilizado para detectar la presencia de porosidad, además de identificar la ubicación del refuerzo de la presentación de la soldadura. La sensibilidad deberá ser como mínimo  $80\% \pm 10\%$  de la pantalla (FSH), aumentada en 6 -14 dB para asegurar un control apropiado del canal de mapeo. El canal de mapeo sobre el primer pase será utilizado para determinar la ubicación de la penetración de la soldadura. La sensibilidad es la misma que la del canal pulso-eco, aumentada para asegurar una detección apropiada. Los palpadores convencionales adicionales para la detección transversal serán ajustados a  $80\% \pm 10\%$  FSH y aumentada para asegurar una detección apropiada. La sensibilidad del ToFO se fija a  $40\% \pm 10\%$  FSH de la señal RF de la onda lateral. La sensibilidad de escaneo será la sensibilidad de referencia + 4dB. La sensibilidad para evaluación será la sensibilidad de escaneo.

**Preparación para escaneo y condiciones de la superficie:** Soldaduras espirales deben ser pulidas interna y externamente en una extensión de por lo menos 150 mm. Cordones longitudinales deben ser pulidos en el área alrededor del escaneo en una extensión de por lo menos 150 mm. El área del escaneo debe estar libre de salpicadura de soldadura, recubrimiento o cualquier otra irregularidad que pueda interferir con la inspección. Adyacente al perfil de la soldadura, antes de ser realizada, se trazará una línea guía (scribeline) equidistante desde del perfil a lo largo de la circunferencia, la cual servirá para

colocar correctamente la banda guía para el escáner. La línea guía (scribeline) se dibuja con una herramienta especial provista.

**Acoplamiento acústico:** Se utilizará agua como fluido acoplante acústico, para hacer posible la inspección de soldaduras a temperaturas entre 0°C y +70°C. El acople entre los palpadores y la superficie de la tubería se logra con mangueras embebidas en el palpador. Para asegurar un buen acople acústico entre los palpadores y la superficie a inspeccionar, esta última se debe llevar a la condición establecida en el punto "preparación para escaneo y condición de la superficie".

**Configuración del acoplamiento:** El monitoreo del acople para palpadores Phased Array se logra utilizando 3 grupos de elementos en cada transductor, para crear 3 haces a cero grados. Su sensibilidad se ajusta a 80%+/-10% FSH + 8 dB. El canal de acople presentará color rojo cuando la amplitud de la señal de acople caiga por debajo de 40%. La sensibilidad de acoplamiento para palpadores convencionales deberá ser la misma que para palpadores Phased Array. Los parámetros de la sensibilidad serán ajustadas con el escáner en la posición horaria 6:00.

**Revisión de la calibración:** Después de inspeccionar 10 soldaduras y/o después del paso de 2 horas, la calibración debe ser revisada en el bloque de calibración.

Se debe realizar una nueva calibración si:

- ✓ La calibración de una inspección difiere en más de +3dB o -3dB en comparación con la calibración anterior.
- ✓ La configuración de las compuertas necesita ser ajustado más de +/- 2mm en comparación con la calibración anterior.
- ✓ Después de una falla del equipo

- ✓ En caso de que la calibración sea diferente a la anterior, fuera de las tolerancias dadas, los palpadores y el acoplamiento debe ser revisado.
- ✓ Si la calibración debe ser modificada, las soldaduras inspeccionadas con la calibración anterior deben ser reevaluadas tomando en cuenta la diferencia en la ganancia y/o ajustes de ventana.

**Descripción detallada de la inspección técnica con AUT:** El PipeWIZARD ya se encuentra calibrado y listo para escanear.

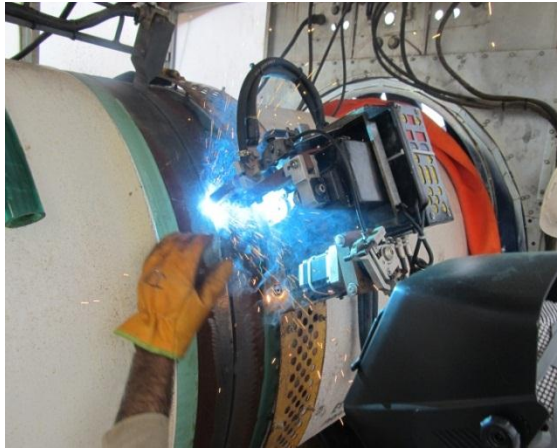
- ✓ Ajuste la banda sobre el tubo a cierta distancia de la referencia ( $100 \pm 1$  mm desde la línea guía), de forma paralela a la soldadura.
- ✓ Revise el punto cero de la soldadura
- ✓ Coloque el escáner sobre la banda guía.
- ✓ Coloque el escáner en la parte superior del tubo para asegurar que todos los palpadores estén ubicados antes del punto cero y tengan contacto adecuado con la superficie del tubo.
- ✓ Encienda en sistema de acoplamiento.
- ✓ Inicie el sistema y automáticamente realiza el análisis de la soldadura en sentido horario.
- ✓ El sistema se detendrá automáticamente después de realizar un escaneo completo con un traslape de 100 mm.
- ✓ Revise los resultados del análisis de acuerdo a las direcciones y revise que haya acople apropiado. Use el registro del tiempo de vuelo y la imagen del mapeo para evaluar las indicaciones de posibles defectos y el alineamiento

de la banda. En caso de haber falta de acoplamiento, el escaneo deber ser repetido.

✓ Retire el escáner de la banda.

**Resultados de la inspección:** Las indicaciones producidas durante la inspección ultrasónica nos son necesariamente defectos. Los cambios en la geometría de la soldadura, las desalineaciones, el refuerzo de la presentación y los modos de conversión pueden generar señales geométricas que no son relevantes en cuanto a la aceptabilidad.





Fuente: Proyecto Bicentenario-Petróleos por Colombia – Casanare – Arauca año 2012

### 3. CONCLUSIONES

El diseño de un sistema de transporte de Gas Natural está regido por Códigos, Normas y Estándares que brindan lineamientos a seguir como materiales de construcción, métodos de fabricación, requisitos de inspección y prueba, tolerancias, dimensiones, etc. También el diseño se ve afectado por variables como propiedades del gas, topografía, impacto ambiental, entre otros.

Para el transporte de gas es necesario que se tomen en cuenta varios factores que influyen en forma directa, entre los más importantes se tienen: presión, temperatura, flujo y calidad del gas.

Dentro de la planeación del desarrollo de las fases que componen un sistema de transporte de gas natural, se deben realizar estudios ambientales para establecer los procedimientos tomando las precauciones y cuidados posibles para no causar un alto impacto ambiental y de igual forma mantener la buena calidad de los trabajos a ejecutar.

En la fase de construcción es necesario cerciorarse durante la localización, el replanteo y la apertura del derecho de vía del Gasoducto, que se está empleando la franja de terreno autorizada y sobre la cual se adquirieron los derechos de paso

Una vez terminada la fase de construcción debe minimizarse todos los impactos asociados a la modificación del terreno, al movimiento de maquinaria, entre otras consideraciones que se plantearon en el estudio de impacto ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

AISC. Norma AISC-2005. Versión 2005. Normas para el Diseño de Estructuras de Acero de Estructuras Metálicas.

ANSI. Norma ANSI A 14.3. Versión 2002. American National Standard for Ladders - Fixed - Safety Requirements.

ASCE. Norma ASCE/SEI 7-05. Versión 2006. Minimum Design Load in Building and Other Structures.

API. Norma API 650. Version 2009. Welded Steel Tank for oil Storage.

API. Norma API 1104. Version 2008 Welding of Pipelines and related facilities.

API. Norma API RP1107. Versión 1991. Pipeline Maintenance Welding Practices.

API. Norma API 5L. Versión 2007. Specifications For Line Pipes.

API. Norma API 600. Version 2009. Steel Gate Valves, flanged and butt-welding ends, Bolted Bonnets.

API. Norma API Spec 6D. Version 2008. Specification for Pipeline Valves

ASME. Norma ASME Sec. 9. Version 2007. Welding and Brazing Qualifications.

ASME. Norma ASME Sec. 8 Div 1. Version 2007. Boiler and Pressure Vessel Code.

ASME. Norma B31.8. Version 201007. Gas transmission and distribution piping systems.

ASME. Norma ANSI/ASME B 16.5. Version 2009. Steel Pipe Flanges and Flanged Fitting.

ASME. Norma ANSI/ASME B 16.9. Version 2007. Factory Made Wrought Steel but Welding Fitting.

ASME. Norma ANSI/ASME B 16.47. Version 2006. Large Diameter Steel Flanges

ASME. Norma ANSI/ASME B 16.11. Version 2009. Forged Steel Fittings, Socket. Welding and Threaded.

ASME. Norma ANSI/ASME B36.10. Version 2004. Welded and Seamless Wrought Steel Pipe.

ASME. Norma ANSI/ASME B16.36. Version 2009. Steel Orifice Flange.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Norma NSR-98. Versión 1997. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Ley 400 de 1997. Decreto 33 de 1998

ICONTEC. Norma NTC 3949. Versión 2002. Estaciones de Regulación de Presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.

ICONTEC. Norma NTC 2050. Versión 1998 1ª Actualización. Código Eléctrico Colombiano.

IEEE. Norma ANSI/IEEE C37.13.1. Version 2006. IEEE Standard for Definite Purpose Switching Devices for Use in Metal-Enclosed Low-Voltage.

ISA. Norma ISA COMPLETE SET. Version 2008. ISA Standards Library for Automation and Control

MSS. Norma MSS-SP-75. Version 2008. Specifications for High Test Wrought Butt-Welding Fittings.

MSS. Norma MSS-SP-44. Versión 2006. Steel Pipe Line Flange

NEMA. Norma ANSI/NEMA C84.1. Version 2006. Electric Power Systems and Equipment -Voltage Ratings.

NEMA. Norma WC 50-1976/ICEA P-53-426. Version 1999. Ampacities, Including Effect of Shield Losses for Single Conductor Solid Dielectric Power Cable 15 kV through 69 kV.

NFPA. Norma NFPA 54. Versión 2009. National Fuel Gas Code.

NFPA. Norma NFPA – 70. Versión 2008. Standard for Electrical Safety in the Workplace.

NFPA. Norma NFPA - 10. Versión 2007. Portable Fire Extinguishers

NFPA. Norma NFPA – 14. Version 2008. Standard on Motion Picture and Television Production Studio Soundstages and Approved Production Facilities.

NFPA. Norma NFPA - 15. Version 2009. Fire Safety in Racetrack Stables.

RUT, Reglamento Único de Transporte.

UIS, Documentación, material y ayudas, Especialización Ingeniería de Gas,  
Modulo Diseño y Construcción de Gasoductos.

## ANEXOS

### Anexo A. Registro fotográfico de actividades constructivas

#### Apertura DDV, Zanjado, Tendido, Bajado y Tapado



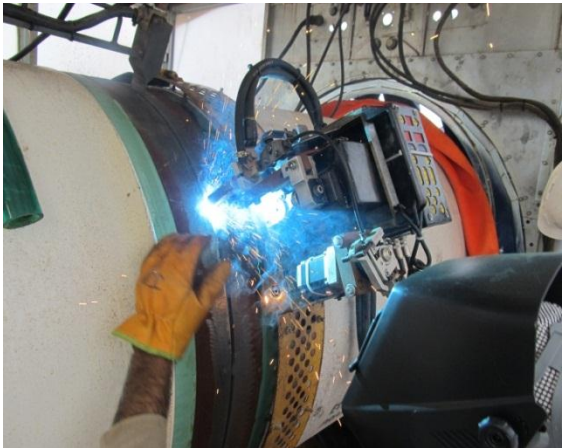
#### Doblado de tubería



Lastrado de tubería y zanjado para cruces



Soldadura Automática



Prueba hidrostática



Anexo B. Comparación soldadura automática y soldadura tradicional

**Oleoducto Bicentenario de Colombia** **SICIM Colombia**  
Sucursal de SICIM S.p.A.

**Sistema de Soldadura Automática**

**AUTOMATIC WELDING SYSTEM CWS. 02**

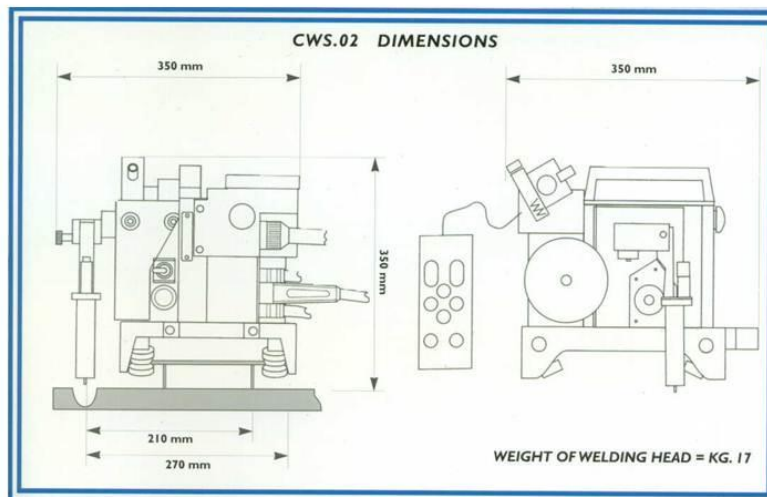
**PWT**  
Pipe Welding Technology

## Definición

La **soldadura GMAW (Gas metal arc welding)** es un tipo de soldadura que utiliza un gas protector químicamente activo (CO<sub>2</sub>, argón más dióxido de carbono o argón más oxígeno). El material de aporte es un hilo continuo que se funde manera automática por el equipo de soldadura.

Esta soldadura se realiza por sistemas semi-mecanizado o por un sistema computarizado de soldadura (CWS )

## Soldadora Automática





## **Soldadora Automática**

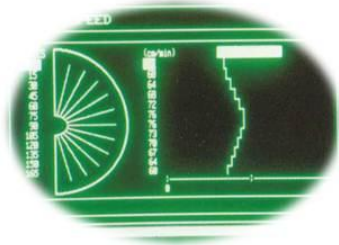
### **Características**

- Corriente: Max 500 A
- Tensión: Máx 35 Vol
- Vel. de soldadura: Máx. 160 cm/l'
- Vel. de alimentación: Máx. 16 m/l'
- Vel. oscilación: Máx. 7,0 m/l'
- Ancho de velocidad: Máx. 40 mm
- Tiempo de parada: Máx. 3,2 s

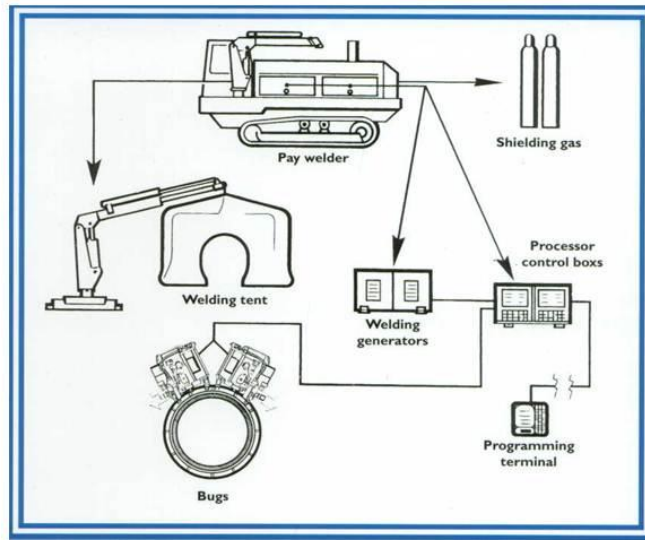
## Generalidades

El procedimiento de soldadura con todos los parámetros importantes de su ejecución se programa y se almacena en memoria.

Las interfaz son unidades de control usadas para manejar las variaciones y el monitoreo de los parámetros importantes almacenados para un ciclo de soldadura completo.



## Proceso de Soldadura Automática



Comparativo  
 entre Soldadura  
 Manual  
 (SMAW) y  
 Automática  
 (GMAW)



Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas

Los sistemas de soldadura automatizada PWT-CWS, proporciona principalmente las siguientes ventajas:

**Ventajas de producción:**

Tomando como referencia el procedimiento estándar de SMAW con electrodos revestidos, se pueden hacer las siguientes comparaciones:

	<b>SMAW</b>	<b>AUT.GMAW</b>	<b>DIFF.</b>
<b>Velocidad de soldadura:</b>	25 cm/1'	75 cm/1'	+ 200%
<b>Tarifa hora:</b>	1,8 Kg/h	3,75 Kg/h	+150%
<b>Cantidad ejecución: (16,1 mm) W.T.</b>	10	6	-40%



## Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas

### Ventajas Económicas

Estas ventajas dependen directamente del espesor y del diámetro de la tubería a soldar

#### **Ventajas Económicas Directas**

Incremento de la producción  
Menos personal especializado  
Baja calificación de operadores  
Reducción del costo por personal especializado  
Reducción del número de ayudantes  
Reducción de soldadores  
Reducción general de consumibles  
Disminución de consumibles de soldadura  
Disminución de costo de consumibles

#### **Ventajas Económicas Indirectas**

La empresa se muestra como un líder en tecnología  
Garantía en la calidad de las juntas soldadas  
Disminución de los costos por reparación de juntas  
Reducción del equipo y personal en general



## Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas

### Ventajas técnicas / calidad

#### **Operación:**

- Control y registro automático de los parámetros para cada posición de la antorcha en cada pase y todos los pases que se hizo
- Fácil manejo del arco por control remoto
- No es necesario pulir al primer pase ni los pases siguientes
- Facilita el trabajo
- Fácil mantenimiento y chequeo de los parámetros utilizados en las juntas

## Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas

### Ventajas técnicas / calidad

#### Calidad:

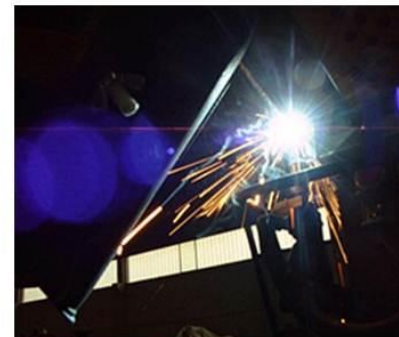
- Calidad constante en las juntas gracias al control automático y el almacenamiento de los parámetros
- Mejor calidad en los resultados de las pruebas no destructivas (visual, rayos X, UT) con una tasa más baja de reparación
- Buenos resultados en los ensayos no destructivos para el procedimiento y la producción
  - \* Bajos valores de dureza - Max 240 HV 10
  - \* Alta resistencia a los impactos Av. 100 J
  - \* Altos valores de CTOD- Av. 0,8 mm.
  - \* No hay riesgo de romperse debido al bajo contenido de hidrógeno en la ZTA y ZF

## Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas

### Propiedades de dureza en las evaluación de soldaduras en términos de ensayos de impacto Kv y pruebas CTOD en metal depositado

	SMAW	GMAW
En términos de KV impacto	45-50 J at -10° C	90-100 J(W.M.) at -10° C
En término de CTOD	0.15' 0.20mm at -10° C	0.60-0.80 mm(W.M.) at -10° C

Se obtienen más altos valores, sin tener en cuenta el grado de tubos de acero y la composición química, simplemente seleccionando uno de carbono-manganeso, alambre de aportación compatible con las propiedades de tubería y el establecimiento de un procedimiento adecuado.





## Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas

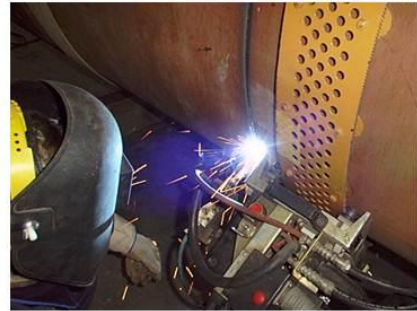
### fragilidad del haz de hidrogeno y posibles defectos de agrietamiento del pase raíz

Clase de electrodos celulósicos E6010, E8010-G, E9010-G, de alta calidad, (manual welding), hacen:

15-20 ml/100 grs (a)

alta calidad C-Mn de alambre, asociados con el uso de gas seco de protección: 2-5 ml/100 grs (b)

La soldadura basado en el proceso de arco metálico con gas, en todo caso, asegura el valor más bajo de hidrógeno en el metal de soldadura depositado y por esta razón minimiza los riesgos de agrietamiento por hidrógeno en las soldaduras circunferenciales de alta tracción.



## Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas

### Porcentaje de defectos que requieran reparación

A continuación se mencionan factores de reparación que se evitan con la soldadura automática:

- La habilidad del operador de soldadura no está condicionada por el cansancio físico, ya que no tiene que sostener ningún peso.
- La calidad de los consumibles no se vea afectada por las condiciones externas, es decir: es mucho más fácil de almacenar el cable correctamente que los electrodos.
- El grosor de la pared del pase de la raíz es aproximadamente el doble del manual, está cerca de 5-5,5 mm. en condiciones normales.
- Es posible compensar hasta 3 mm. de bajo-alto entre los extremos de la tubería colindante, sin generar la falta de fusión lateral en la raíz.



**Equipo de trabajo Soldadura Manual**

PERSONAL POR FRENTE 4 GRUPOS EJ PK 0+000 AL PK 45+00	CANTIDAD POR GRUPO
Tubero	1
Soldadores	2
Ayudante técnico o esmerilador	2
Operador de pipe welder	1
Operador de side-boom	3
Operador de retroexcavadora	2
Obrero	6
Supervisor	1
Inspector Qc	1
HSE	1
Nota : Se tendran 20 personas por grupo ,la cantidad de grupo depende de como se presente el terreno	80 personas por frente

**Equipo de trabajo Soldadura Automática**

PERSONAL POR FRENTE	CANTIDAD
Supervisor	1
Operador de side-boom	1
Biseladores	2
Obreros	2
Soldadores	12
Ayudante técnico o esmerilador	12
Operador pipe welder	6
Operador para acople side-boom	1
Tubero	2
Obreros	10



### Equipo de trabajo Soldadura Automática

PERSONAL POR FRENTE	CANTIDAD
Soldadores para reparación	2
Ayudantes	2
Operador de pipe welder	2
obreros	2
Maquinista de retroexcavadora	1
Operador de volqueta	2
Obreros para limpieza de pista	4 o 5
Inspector de soldadura	1
HSE	2
Electromecánico	2