

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA-ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA**



**“DISEÑO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN  
MARCHA DE LA RED EXTERNA PARA EL  
ABASTECIMIENTO DE 18609 MCH DE GAS  
NATURAL A BAJA PRESIÓN. REFINERÍA  
LA PAMPILLA-LIMA.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO MECÁNICO**

**YOLANDA PEZO ALTAMIRANO**

**Callao, Setiembre, 2014**

**PERÚ**

10. 5. 38868

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA – ENERGÍA**  
**Jurado Evaluador de Tesis del I ciclo de Tesis**

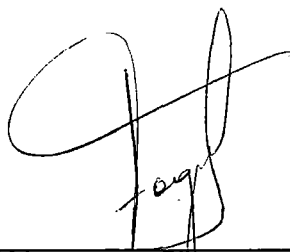
---

**INFORME**

El Presidente del Jurado Evaluador del I ciclo de tesis, informa que la sustentación de la tesis titulada: **"DISEÑO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA RED EXTERNA PARA EL ABASTECIMIENTO DE 18609 MCH DE GAS NATURAL A BAJA PRESIÓN. REFINERÍA LA PAMPILLA-LIMA"**, presentado por el bachiller **PEZO ALTAMIRANO, Yolanda**, realizado el día 19 de setiembre del 2014; el mismo que fue aprobado como consta en el acta correspondiente.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Bellavista, 29 de setiembre del 2014



---

Mg. Félix Alfredo Guerrero Roldan  
Presidente del Jurado Evaluador  
I ciclo de tesis

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA - ENERGÍA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En el Auditorio "AUSBERTO ROJAS SALDAÑA", sito en la Av. Juan Pablo II N° 306 del distrito de Bellavista-Callao, siendo las 6:00:00 PM horas del día viernes 19 de setiembre del 2014, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador del I Ciclo de Tesis (TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TESIS CON CICLO DE TESIS) de la Facultad de Ingeniería Mecánica - Energía de la Universidad Nacional del Callao

Presidente : Mg. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN  
Secretario : Dr. JOSÉ HUGO TEZÉN CAMPOS  
Vocal : Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ  
Suplente : Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ

Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 069-2014-CF-FIME de fecha 10.07.14, a fin de proceder al acto de evaluación de la tesis titulada "DISEÑO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA RED EXTERNA PARA EL ABASTECIMIENTO DE 18609 MCH DE GAS NATURAL A BAJA PRESIÓN. REFINERÍA LA PAMPILLA-LIMA" presentada por el Señor Bachiller PEZO ALTAMIRANO, Yolanda.

Contando con la presencia del Supervisor General, Dr. JOSÉ RAMON CACERES PAREDES, Vicerrector de Investigación de la Universidad Nacional del Callao; Supervisor de la Facultad, Dr. Isaac Pablo Patrón Yturry, Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica-Energía; y, el Representante de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica-Energía, Ing. JUAN GUILLERMO MANCCO PEREZ.

A continuación, se dio inicio a la sustentación de la Tesis de acuerdo a lo normado por el Capítulo X (numerales 10.1 al 10.4) de la "Directiva para la Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis en la Universidad Nacional del Callao", aprobada por Resolución Rectoral N° 754-2013-R, de fecha 21 de agosto del 2013, modificada por la Resolución Rectoral N° 777-2013-R de fecha 29 de agosto del 2013, la resolución Rectoral N° 281-2014-R del 14 de abril del 2014 con la que se modifica el artículo 4.5 del capítulo IV de la organización del ciclo de tesis de la directiva N° 012-2013-R así como también de acuerdo a lo normado, en la parte pertinente, por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril del 2011.

Culminado el acto de exposición, los señores miembros del Jurado Evaluador procedieron a formular las preguntas al indicado Bachiller, las mismas que fueron absueltas satisfactoriamente.

Luego de un cuarto intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación de la tesis, se ACORDÓ: CALIFICAR la tesis sustentada por el Señor Bachiller PEZO ALTAMIRANO, Yolanda, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico por la modalidad de tesis con Ciclo de Tesis, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
13 (TRECE)	BUENO


Finalmente, se procedió a leer en público el acta de sustentación.

Siendo las 6:35:00 PM horas del día viernes 19 de setiembre del dos mil catorce, el señor Presidente del Jurado dio por concluido el acto de sustentación de tesis.

En señal de conformidad con lo actuado, se levanta la presente Acta.

  
Mg. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN  
PRESIDENTE

  
Dr. JOSÉ HUGO TEZÉN CAMPOS  
SECRETARIO

  
Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ  
VOCAL

  
Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ  
SUPLENTA

### **Dedicatoria**

A mis padres por su apoyo durante todo el tiempo en la culminación de mi carrera.

## INDICE

CUADROS DE CONTENIDO.....	5
FIGURAS DE CONTENIDO.....	6
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION .....	12
1.1. Identificación del problema .....	12
1.2. Formulación del problema .....	12
1.3. Objetivos de la investigación .....	13
1.4. Justificación .....	13
1.5. Importancia.....	14
II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1. Antecedentes del estudio.....	15
2.2. Marco Conceptual.....	16
<b>2.2.1. EL GAS NATURAL .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.2. DISEÑO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA</b>	
<b>RED EXTERNA.....</b>	<b>22</b>
<b>a. Memoria Descriptiva del Proyecto .....</b>	<b>22</b>
<b>b. Diseño de la Red Externa.....</b>	<b>24</b>

<b>c. Levantamiento Topográfico</b> .....	24
<b>d. Tuberías de Acero para Instalación de Gas Natural</b> .....	25
<b>e. Accesorios a utilizar</b> .....	28
<b>f. Soldadura</b> .....	29
• <b>Procedimiento de calificación de soldadores</b> .....	30
• <b>Examen visual</b> .....	31
• <b>Calificación del procedimiento de soldadura</b> .....	31
<b>g. Ensayos no destructivos</b> .....	36
<b>h. Pruebas a realizar:</b> .....	40
<b>i. Instalación de puntos de control</b> .....	44
<b>j. Cámara para válvula de bloqueo de red y servicio</b> .....	48
<b>2.2.3. ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL A BAJA PRESION</b> .....	49
<b>a. Consumo del Gas Natural</b> .....	49
<b>b. Máxima Presión Admisible de Operación (mapo)</b> .....	50
<b>c. Presión de Diseño</b> .....	50
<b>d. Máxima Presión Admisible de Prueba:</b> .....	50
<b>2.3. Normatividad</b> .....	52
<b>2.3.1. NORMAS INTERNACIONALES</b> .....	52
<b>2.3.2. REGLAMENTO NACIONAL</b> .....	56

III.	VARIABLES E HIPÓTESIS.....	58
3.1.	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	58
3.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES: .....	58
3.3.	HIPÓTESIS:.....	59
3.3.1.	<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b> .....	59
3.3.2.	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b> .....	59
IV.	METODOLOGÍA .....	60
4.1.	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	60
4.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
4.2.1.	<b>PARÁMETROS BÁSICOS DE INVESTIGACIÓN:</b> .....	60
4.2.2.	<b>ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN:</b> .....	61
4.2.3.	<b>DETALLES DE LA INVESTIGACIÓN:</b> .....	95
a.	<b>CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA</b> .....	95
b.	<b>CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA TUBERÍA</b> .....	102
4.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	107
V.	RESULTADOS .....	108
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	109
6.1.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS .....	109
6.2.	CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES..	110
VII.	CONCLUSIONES .....	111



VIII. RECOMENDACIONES.....	112
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	113

## CUADROS DE CONTENIDO

1.	COMPOSICION DEL GAS NATURAL CUADRO N° 2.1.....	18
2.	PROPIEDADES DEL GAS NATURAL CUADRO N° 2.2.....	18
3.	TIPO Y NÚMERO DE PROBETAS PARA LA PRUEBA DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO CUADRO N°2.3.....	36
4.	ASME B 31.8-2010 CUADRO N°2.4.....	53
5.	API STANDARD 1104 CUADRO N°2.5.....	55
6.	DECRETO SUPREMO N°042-99-EM CUADRO N°2.6.....	56
7.	TRAZO	
8.	COMPARADORES Y MEDIDORES VISUALES DE RUGOSIDAD CUADRO N°4.1.....	72
9.	EQUIVALENCIAS DE RUGOSIDAD DE SUPERFICIE CUADRO N°4.2.....	73
10.	DOSIFICACION EN EL MEZCLADO DE LOS COMPONENTES DEL PRIMER EPOXY CUADRO N°4.3.....	74
11.	CONSTANTE DE WEYMOUTH CUADRO N°4.4.....	98
12.	FACTOR SEGÚN PRESION INICIAL CUADRO N°4.5.....	98
13.	FACTOR BÁSICO DE DISEÑO F SEGÚN CLASE DE LOCALIDAD. CUADRO N°4.6.....	103
14.	FACTOR BASICO DE DISEÑO F. CUADRO N°4.7.....	104
15.	FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL E. CUADRO N°4.8.....	102
16.	FACTOR DE DISMINUCION DE TEMPERATURA T.CUADRO N°4.9.....	106

## FIGURAS DE CONTENIDO

1.	RESERVAS DEL GAS NATURAL FIGURA N° 2.1.....	20
2.	RESERVAS COMBINADAS FIGURA N°2.2.....	21
3.	EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE GAS NATURAL EN EL PERÚ FIGURA N°2.3.....	22
4.	CARACTERISTICAS DE LA TUBERÍA FIGURA N°2.4.....	27
5.	ESPECIFICACIONES DE LA TUBERÍA FIGURA N°2.5.....	28
6.	ESPECIFICACIONES DE LOS ACCESORIOS FIGURA N°2.6.....	29
7.	PROBETA PARA CALIFICACION DE SOLDADURA FIGURA N°2.7 .....	33
8.	CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA FIGURA N°2.8.....	34
9.	PROBETA SOLDADA PARA CALIFICAR PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA FIGURA N°2.9.....	35
10.	CABEZAL DE PRUEBAS FIGURA N°2.10.....	41
11.	SOLDADURA CADWELD FIGURA N°2.11.....	47
12.	POSTE DE PROTECCION CATODICA FIGURA N°2.12.....	47
13.	POSTE DE SEÑALIZACION FIGURA N°2.13.....	48
14.	CRECIMIENTO DEL GAS NATURAL FIGURA N°2.14.....	49
15.	ESTRUCTURA DE DEMANDA FIGURA N°2.15.....	50
16.	ESPESORES DE ACERO FIGURA N°2.16.....	51
17.	DESCRIPCION Y RANGOS DE PRESION FIGURA N°2.17.....	51
18.	Y REPLANTEO DE LA LÍNEA FIGURA N°4.1.....	62

19.	CORTE DE PAVIMENTO FIGURA N°4.2.....	64
20.	DEMOLICION DE PAVIMENTO FIGURA N°4.3.....	64
21.	EXCAVACION DE LA ZANJA FIGURA N°4.4.....	65
22.	PREPARACION DE PAREDES DE LA ZANJA FIGURA N°4.5.....	66
23.	ACUMULACION DE MATERIAL DE EXCAVACION FIGURA N°4.6 .....	66
24.	DESFILE DE TUBERÍA FIGURA N°4.7.....	67
25.	ALINEACION DE TUBERIA CON GRAPA FIGURA N°4.8.....	68
26.	SOLDADURA EN CAMPO FIGURA N°4.9.....	70
27.	GRANALLADO DE LA JUNTA DE SOLDADURA FIGURA N°4.10 .....	72
28.	PRUEBA DE RUGOSIDAD FIGURA N°4.11.....	73
29.	PRECALENTAMIENTO DE LA JUNTA A REVESTIR FIGURA N°4.12.....	75
30.	VERIFICACION DE LA TEMPERATURA FIGURA N°4.13.....	75
31.	APLICACIÓN DEL PRIMER EPOXY A LA JUNTA A REVESTIR FIGURA N°4.14.....	76
32.	COLOCACION DE LA MANTA TERMO CONTRAIBLE FIGURA N°4.15.....	77
33.	APLICACIÓN DEL PARCHE DE CIERRE FIGURA N°4.16.....	78
34.	ADHERENCIA DE LA MANTA CON CALENTAMIENTO FIGURA N°4.17.....	78

35. PASO DEL ROLLIDO POR LA MANTA TERMO CONTRAIBLE FIGURA N°4.18.....	79
36. MANTA INSTALADA EN LA JUNTA DE SOLDADURA FIGURA N°4.19.....	81
37. PRUEBA DE ADHERENCIA FIGURA N°4.20.....	83
38. DESPRENDIMIENTO DE MANTA FIGURA N°4.21.....	84
39. REPARACION DE LA MANTA DESPRENDIDA FIGURA N°4.22.....	84
40. COLOCACION DEL PARCHE DE REPARACION FIGURA N°4.23.....	85
41. TERMINACION DE COLOCACION DEL PARCHE DE REPARACION FIGURA N°4.24.....	85
42. REVISION DEL REVESTIMIENTO CON HOLIDAY DETECTOR FIGURA N°4.25.....	86
43. BAJADO DE TUBERÍA FIGURA N°4.26.....	87
44. TAPADA DE TUBERIA FIGURA N°4.27.....	88
45. COMPACTACION DEL TERRENO FIGURA N°4.28.....	88
46. INSPECCION DEL RECUBRIMIENTO DE TUBERIA MEDIANTE EL PEARSON TEST FIGURA N°4.29.....	90
47. EQUIPO PEARSON TEST FIGURA N°4.30.....	91
48. INSTALACION DE LOS EQUIPOS DE REGISTRO DE PRUEBA FIGURA N°4.31.....	93
49. PASE DEL BRUSHING PIG FIGURA N°4.32.....	93

50.	PASE DE ESPUMA PARA EL SECADO Y LIMPIEZA FIGURA N°4.33.....	94
51.	CORTE DE LA ÚLTIMA ESPUMA ENVIADA FIGURA N°4.34.....	94
52.	FORMULA DE WEYMOUTH FIGURA N°4.35.....	97
53.	COEFICIENTE DE EFICIENCIA E. FIGURA N°4.36.....	99

## RESUMEN

En esta Tesis se describe brevemente el diseño, la instalación y puesta en marcha del tendido de tubería para lograr el abastecimiento del gas natural como combustible para la Refinería La Pampilla, en base a normas nacionales e internacionales y procedimientos constructivos.

Se realizó los cálculos y selección para encontrar el diámetro, espesor de la tubería de acero a instalar para este tendido de tubería, para definir el trazo de la línea realizando un levantamiento topográfico para la elaboración de los planos.

Cuando se termina la instalación del tendido de tubería se le realizan las pruebas correspondientes para verificar que se haya realizado una buena instalación y también para verificar que la tubería este en buen estado.

Luego se procede a realizar la conexión de las válvulas extensoras a la tubería instalada y a la tubería matriz.

Concluida la construcción de la Red Externa se realiza la gasificación de la línea, el gas natural circula por toda la tubería y llega a las instalaciones de la Refinería La Pampilla.

Las palabras claves son describe, diseño, instalación, puesta en marcha, presión de prueba, presión de operación, diámetro de tubería, espesor de tubería y longitud de la línea.

## **ABSTRACT**

This thesis briefly describes the design; installation and commissioning of the pipelay obtain the supply of natural gas as fuel for the Pampilla Refinery, based on national and international standards, construction procedures.

Calculations and selection was performed to find the diameter, thickness of the steel pipe to be installed for this run of pipe, to define the outline of the line doing a survey for the development of the plans.

When the installation is completed pipelay you will perform the appropriate tests to verify that it has made a good installation and to verify that the pipe is in good condition.

Then he proceeds to connect the extender to the installed pipe valves and pipe array.

After the construction of the external network gasification is conducted online, the natural gas flows along the pipe and reaches the refinery facilities Pampilla.

Keywords are described, design, installation, commissioning, test pressure, operating pressure, pipe diameter, pipe thickness and length of the line.



## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

### **1.1. Identificación del problema**

Refinería La Pampilla, actualmente operada a través de la empresa Repsol YPF, ubicada en el distrito de Ventanilla de la provincia del Callao, se dedica a la refinación, almacenamiento, comercialización, transporte y distribución de todo tipo de hidrocarburos. Cuenta con una capacidad de 107 200 barriles por día y abastece cerca del 50% del consumo local de combustible y paralelamente exporta otros productos. Sus principales productos son el GLP, gasolina, diésel, kerosene, petróleo industrial, entre otros.

En el 2012, La Refinería la Pampilla realiza la ampliación y modernización de su planta por lo que requiere la instalación de gas natural como combustible para que operen sus hornos y calderas así como para la cogeneración de energía eléctrica, dentro de lo cual solicita a la empresa Gas Natural de Lima y Callao S.A., para realizar el diseño y tendido de la tubería de gas (Red Externa) para lograr el abastecimiento de dicho Gas Natural.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo desarrollar el Diseño, Instalación y Puesta en marcha de la Red Externa para lograr el abastecimiento de 18609 mch de Gas Natural a Baja Presión para la Refinería la Pampilla – Lima?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar el Diseño, Instalación y Puesta en Marcha de la Red externa mediante un Marco Normativo que permita lograr el abastecimiento de 18609 mch<sup>1</sup> de Gas Natural a Baja Presión para la Refinería la Pampilla – Lima.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Elaborar las especificaciones técnicas de levantamiento topográfico, elaboración de los planos, los procedimientos de calidad y seguridad, cronograma de obra, lista recursos.
- Elaborar el procedimiento para el tendido de tubería, conforme a la norma ASME B31.8, API 1104 y de Decreto Supremo N° 042-99-EM.
- Instalar la tubería que transportara el Gas Natural, utilizando el manual de procedimiento de construcción de redes de acero de Cálida y las normas ASME B31.8, API 1104.
- Realizar las pruebas hidráulicas y neumáticas del gaseoducto, protocolo de entrega y puestas en marcha.

### **1.4. Justificación**

La justificación para este informe de tesis es tecnológica pues mediante esta investigación la refinería la pampilla se abastece de gas natural el

---

<sup>1</sup> MCH: Metros Cúbicos por Hora

cual sustituye el consumo de combustibles líquidos tanto en hornos y calderas así como para la cogeneración de energía eléctrica, generando beneficios económicos con un ahorro anual de alrededor de 10 millones de dólares<sup>2</sup>.

Finalmente también genera beneficios al medio ambiente pues disminuye el consumo de residual en la operación, reduce los costos de mantenimiento y las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente.

### **1.5. Importancia**

La importancia de este proyecto principalmente está en el cambio de combustibles líquidos utilizados en la operación de la refinería por el Gas Natural.

Asimismo la Refinería la Pampilla verá una disminución en sus costos de uso de combustible, mantenimiento de la Refinería y contaminantes al medio ambiente.

---

<sup>2</sup> Según Memoria Anual 2013-Refinería la Pampilla

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

**PEZO ALTAMIRANO, Rosa Mercedes. Diseño de un Ramal de Alimentación de Gas Natural de 1460 sm<sup>3</sup>/h para la Compañía Minera Luren. Tesis para el Título Profesional. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería.**

**Conclusión:** El factor más importante en el costo del transporte de gas natural es el de materiales para línea de gas, que en nuestro caso representa un poco más del 50 % del costo total. Para verificar que la tubería va a soportar la presión de trabajo se le realiza la prueba hidráulica y neumática.

Esta tesis me ha servido como guía en los procedimientos para desarrollar el diseño de la red de la tubería.

**ALVARADO TORRES, Rommel Javier. Captación de Gas del Campo Guanta y su Utilización como Combustible para las Turbinas “Ruston del Lago Agrio”. Tesis para el Título Profesional. Lima. Universidad Superior Politécnica del Litoral-Ecuador.**

**Conclusión:** El contenido de diluyentes y contaminantes del gas natural producido en el Campo Guanta es bajo, situación que permite caracterizar a este recurso como apto para su transporte y utilización como combustible en las turbinas “Ruston” de Lago Agrio para la generación de energía eléctrica, puesto que cumple con los requerimientos

internacionales de calidad para un correcto funcionamiento de las mismas.

En esta tesis he obtenido información para realizar el marco teórico, procedimientos de trabajos, cálculos de costos.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. EL GAS NATURAL**

#### **a. Definición**

Como ventaja añadida es un combustible más versátil, que puede utilizar en sistemas de generación más eficientes como el ciclo combinado o la producción de hidrógeno (usado en la denominada pila de combustible que produce energía eléctrica a partir del hidrógeno) y su obtención es más sencilla en comparación con otros combustibles.

Dentro del sector industrial destacan: metalurgia, siderurgia, fundición, vidrio, cerámica, textil, papel, química, bomba de calor, cogeneración, plantas pesqueras, plantas de producción de abonos y pesticidas, como los principales consumidores del gas natural.

El gas natural es un combustible fósil compuesto de: nitrógeno, dióxido de carbono, metano, vapor de agua, etano, propano, i-butano, n-butano, azufre y otros. Cuando es extraído hacia la superficie, se produce una separación del propano y butano, debido a las condiciones atmosféricas

existentes pasan a un estado líquido; dichos líquidos se les denomina gasolinas naturales.

La gasolina natural tiene ya una estructura comercial establecida, por lo que es altamente rentable su explotación. Dándose casos en que la utilidad generada es positiva, después de instalar el gasoducto correspondiente.

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, es más ligero que el aire (a presión de 1 atm densidad relativa 0,65). Se presenta en su forma líquida por debajo de los  $-161^{\circ}\text{C}$ . Para detectar fugas se añade un agente químico llamado mercaptan, que despide un olor a huevos podridos.

#### **b. Propiedades del gas natural**

La composición del gas natural varía con la localización del pozo gasífero, sin embargo se puede anotar que el porcentaje de metano varía de 91 a 95%.

El Cuadro 2.1 Composición del Gas Natural, indica el análisis del Gas Natural proveniente de las Malvinas (Cusco).

**CUADRO 2.1**  
**COMPOSICION DEL GAS NATURAL**

<b>Hidrocarburo</b>	<b>Composición Química</b>	<b>Rango (en %)</b>
Metano	CH <sub>4</sub>	91-95
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2-6
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0-2
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0-2
Nitrógeno	N	0-1

Fuente: Gas de Camisea para Lima y Callao "GNLC"

**CUADRO 2.2**  
**PROPIEDADES DEL GAS NATURAL**

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Densidad Relativa		0,65
Poder Calorífico	Kcal/m <sup>3</sup>	9032
Calor Especifico a Presión Constante (Cp.)	Cal/mol°C	8,57
A Volumen Constante (Cv.)	Cal/mol°C	6,56
Peso Atómico	Uma	16,04
Punto de Fusión	°C	-182,04
Punto de Ebullición	°C	-161,6
Flash Point	°C	-188,0
Temperatura de Ignición	°C	60,0
Límites de explosividad	%	5-15
Calorías por gramo	Kcal	12

Fuente: Gas de Camisea para Lima y Callao "GNLC"

El valor del gas natural depende de su poder calorífico, el cual es la cantidad de energía producida durante la combustión de una unidad de volumen del gas. El poder calorífico a considerar en los cálculos es 9032 Kcal/m<sup>3</sup>.

### **c. Reservas del gas natural**

Las reservas de gas se clasifican en tres grandes grupos según la probabilidad de que las cantidades recuperadas serán mayores a las estimadas: reservas probadas (probabilidad mínima 90%), reservas probables (probabilidad máxima de 50%) y reservas posibles (probabilidad máxima de 10%).

Nuestro país ya ha avanzado en el proceso de transformar su matriz energética, haciendo que el gas reemplace al petróleo en todas las instancias posibles. Así, éste ya participa de manera importante en la generación eléctrica, y abastece a varias empresas industriales, a un creciente número de residencias de Lima e Ica, y a un significativo número de vehículos.

Las reservas peruanas llegan, según la OPEP<sup>3</sup>, a 359 bmc, los que, convertidos según la equivalencia que señala que 1 metro cúbico = 35.3 pies cúbicos, resultan en 14.6 de los conocidos TCF<sup>4</sup>. Como se sabe, dicho gas se concentra en la selva cusqueña, principalmente en los Lotes

---

<sup>3</sup> OPEP: Organización de Países Exportadores de Petróleo

<sup>4</sup> TCF: Trillones de pies cúbicos en la notación inglesa



88 (que abastece la demanda interna), 56 (que abastece los mercados de exportación), 57 y 58.

**FIGURA 2.1**  
**RESERVAS DEL GAS NATURAL**

América Latina						
<b>RESERVAS PROBADAS DE GAS NATURAL 2012</b>						
Billones de Metros Cúbicos						
	País	2008	2009	2010	2011	2012
1	Venezuela	4,983	5,065	5,525	5,528	5,563
2	Brasil	380	365	358	417	434
3	México	359	359	339	349	360
4	Perú	415	415	345	353	359
5	Argentina	428	399	379	359	333
6	Bolivia	750	750	695	281	281
7	Colombia	114	124	134	153	155
8	Chile	46	46	45	43	41
9	Ecuador	8	8	8	6	6

Fuente: OPEP  
Elaboración: Desarrollo Peruano

Fuente: Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP)

El Ministerio de Energía y Minas (MEM) estimó hoy que en la actualidad, el Perú tiene reservas de gas natural para los próximos 40 a 50 años.

Si se asumen unas reservas de 12 TCF, en el Perú a consumo actual de 0,4 TCF, el gas de Camisea alcanzaría para 30 años, es decir, hasta el 2042. Evidentemente, las reservas de gas pueden ampliarse, modificarse o corregirse, pero es aconsejable realizar el análisis con los valores certificados y publicados por el Ministerio de Energía y Minas a 8 de junio

de 2010, que aparecen en el informe "Reserves and Resources Evaluation - Block 88 and 56". En la figura 2.2, se presentan los resultados de las reservas combinadas en San Martín, Cashiriari y Pagoreni, extraídos del anteriormente mencionado informe.

**FIGURA 2.2**

**RESERVAS COMBINADAS DE LOTES 88 Y 56.**

Categoría	Reservas Totales (100 Por Ciento)		
	Gas Seco (BCF)	NGL (MMBBL)	Condensado (MMBBL)
Total Probadas (1P)	11,177.0	346.2	265.5
Probadas + Probables (2P, o Mejor Estimación)	15,929.3	520.9	397.0
Probadas + Probables + Posibles (3P)	18,599.7	611.3	474.1

Fuente Ministerio de Energía y Minas (MEM)

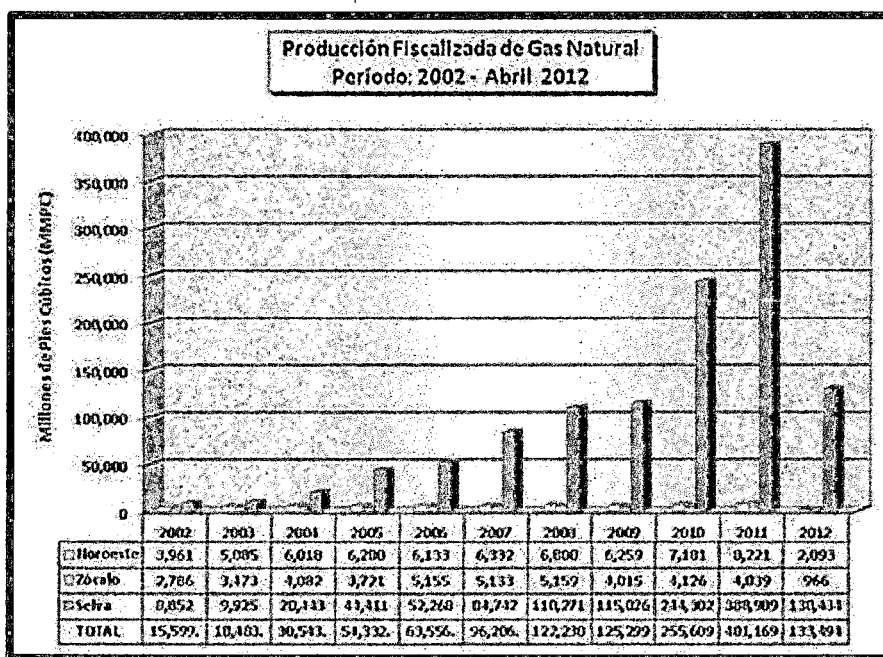
**d. Evolución del gas natural**

En la figura 2.3 se observa la evolución de la producción de gas natural desde el 2002 hasta abril del 2012, según Perú-Petro, Agencia Nacional de Hidrocarburos. La producción de gas natural en el 2011 alcanzó los 401,169 millones de pies cúbicos que equivalen a 0,401 billones de pies cúbicos (0,4 TCF en inglés).

2047

Cabe resaltar que con respecto al 2010, el incremento de la producción de gas natural fue de un 57%. El sector eléctrico incrementó en ese mismo periodo su consumo de gas natural en un 10%.

**FIGURA 2.3**  
**EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL EN EL PERÚ**



Fuente: Perú-Petro.

## 2.2.2. DISEÑO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA RED EXTERNA

### a. Memoria Descriptiva del Proyecto

El proyecto consiste en:

Existe un alimentador principal (Red primaria "Troncal") de Gas Natural conformado por una tubería de acero de 20" que corre paralelo a la Calle Del Bierzon, en el distrito de Ventanilla. Previamente se realizará la construcción de una línea de gas de acero de diámetro 8" que será tomada desde la Red Primaria y una estación de regulación de presión.

Este proyecto solo contempla el tramo de la línea de acero de diámetro 8" que unirá la estación de regulación de presión y la cámara de válvula ubicada al ingreso de la Refinería la Pampilla.

La traza de la tubería desarrolla el siguiente recorrido:

El recorrido se inicia con el empalme de la estación de regulación que se realizará a la tubería existente ubicada en el Calle. Del Bierzo (PK=0+000) – es una calle paralela al Rio Chillón, para ir en dirección noroeste por la calle mencionada hasta la intersección con la Av. Carretera Ventanilla (PK 0+460), en donde se gira en sentido noreste para ir por esta avenida Carretera Ventanilla desde ese punto hasta la altura de la Refinería La Pampilla (PK 2+300) en donde finalizaría la extensión de red de la Pampilla.

El tubo conductor de gas natural es de acero de la denominación API 5L GRB de un diámetro uniforme de 8", que deberá ir enterrada a una profundidad mínima de 1.20 m.

Toda la tubería estará dotada de un sistema de protección catódica y será empalmada por soldadura cuyas uniones serán igualmente protegidas por mantas especiales.

Se ha considerado de acuerdo a normas la inserción de Cajas de Toma de Potencial cada 500 m. a lo largo de toda la tubería.

Para determinar el recorrido de la tubería se ha tenido en cuenta el ubicarla por lo general por zonas cuyo uso es de área libre o área verde. Se ha previsto en lo más mínimo la rotura de pavimentos o elementos importantes que se encuentren a su paso.

#### **b. Diseño de la Red Externa**

Es realizar cálculos basados en normas técnicas para determinar el dimensionamiento de la tubería a instalar para el suministro del gas natural.

#### **c. Levantamiento Topográfico**

La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante. Es plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie terrestre; en el ámbito urbano, es la descripción de los hechos existentes en un lugar determinado: muros, edificios, calles, entre otros.

Realizado el proyecto basándose en este revelamiento, el Ingeniero técnico en topografía y Topografía se encarga del "replanteo" del mismo: ubica los límites de la obra, los ejes desde los cuales se miden los

elementos (muros, pilares...); establece los niveles o la altura de referencia.

Se hace un reconocimiento en el sitio para ubicar e identificar las áreas menos pobladas, menos veredas, menos construcción, menos tránsito vehicular, menos interferencias con el fin de que el trabajo de instalación de tubería resulte en menor tiempo y a un menor costo.

Se ha efectuado un levantamiento topográfico antes y durante la ejecución de la instalación de la tubería. Los planos topográficos muestran el perfil actual a lo largo de la traza con todos los accidentes geográficos que se han encontrado a su paso.

Para determinar el recorrido de la línea se realiza una visita para ubicar la traza por zonas menos pobladas.

#### **d. Tuberías de Acero para Instalación de Gas Natural**

Productos tubulares, que se especifican por su diámetro nominal y espesor de la pared. Son de pared gruesa y rugosa, diámetro relativamente grande, longitud moderada, sus tramos pueden unirse por bridas, soldaduras y conexiones roscadas. Se fabrican por soldadura moldeo ó taladro. Una tubería, por otra parte, puede construirse a partir de tres métodos básicos de fabricación: sin costura (ayuda a contener la presión gracias a su homogeneidad), con costura longitudinal (una soldadura recta que sigue una generatriz) o con costura helicoidal (la

soldadura se realiza en espiral). Cuando la tubería transporta gas recibe el nombre de gasoducto.

- **Sin costura:**

Esta tubería no tiene un proceso de soldado por lo cual no tiene una costura. Por sus características se considera tener mayor resistencia que la tubería con costura sin embargo esto es solo en algunas aplicaciones específicas.

**Características:**

- Terminado: Negra.
- Extremos: Biselados o Lisos.
- Longitud: Irregular en todas sus medidas. Siempre habrá diferencias entre lo que se solicita contra lo que se entrega.
- Espesores: Cedula 40, estándar, 80 y XS los más comunes. Existen espesores adicionales que habrá que especificar al momento de solicitar la tubería. Usualmente el cedula estándar es equivalente a 3/8" de espesor o .375 mm, así como el XS es a 1/2" o .500 mm.

Los tubos para conducción de fluidos tales como agua, vapor, gas y aire a altas presiones, son fabricados bajo la **norma ASTM A 53**. Estos tubos son aptos para operaciones que involucran doblado, rebordeado y cualquier otra formación en frío.

Para validar las exigencias de las normas de fabricación el fabricante realiza ensayos y verificación en los tubos procesados en sus instalaciones. En el caso de conducción de fluidos se realizan ensayos dependiendo de la designación comercial del tubo.

**FIGURA 2.4**  
**CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA**

Propiedades Mecánicas							
Norma de Fabricación	Grado del Acero	Limite de Fluencia		Resistencia a la Tracción			
		Mpa	psi	Mínimo		Máximo	
				Mpa	psi	Mpa	psi
ASTM A53 Tipo E (ERW)	A	205	30,000	330	48,000	--	--
	B	240	35,000	415	60,000	--	--

Requerimientos Químicos					
Norma de Fabricación	Grado del Acero	Porcentaje Maximo de los Elementos			
		C Carbono	Mn Manganeso	P Fósforo	S Azufre
ASTM A53 Tipo E (ERW)	A	0,25	0,95	0,05	0,045
	B	0,30	1,20	0,05	0,045

Fuente: CATALOGO DE VEMACERO C.A.

- La norma API 5L establece dos niveles de especificaciones de productos, PSL<sup>5</sup> 1 Y PSL 2, estas dos designaciones definen diferentes niveles de requerimientos de especificaciones técnicas.

<sup>5</sup> PSL: Product Specification Level, por sus siglas en inglés



**FIGURA 2.5**  
**ESPECIFICACIONES DE LA TUBERIA**

PSL 1						
Grado	C Carbono % Máximo <sup>a</sup>	Mn Manganeso % Máximo <sup>a</sup>	P Fósforo % Máximo	S Azufre % Máximo	Ti Titanio % Máximo	Otros % Máximo
B	0,26	1,20	0,030	0,030	0,04	b, c, d
X42	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c, d
X52	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c, d
X60 <sup>t</sup>	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c, d

PSL 2						
Grado	C Carbono % Máximo <sup>a</sup>	Mn Manganeso % Máximo <sup>a</sup>	P Fósforo % Máximo	S Azufre % Máximo	Ti Titanio % Máximo	Otros % Máximo
B	0,22	1,20	0,025	0,015	0,04	d, e
X42	0,22	1,30	0,025	0,015	0,04	c, d
X52	0,22	1,40	0,025	0,015	0,04	c, d
X60 <sup>t</sup>	0,22	1,40	0,025	0,015	0,04	c, d

Fuente: API5L, 43ª EDICION, catalogo Industrias Unicon C.A. Petróleo v1.0

#### **e. Accesorios a utilizar**

Al igual que para el caso de la tubería, el suministro de accesorios de acero es habitual realizarlo de acuerdo con la normativa norteamericana. En concreto, los requerimientos dimensionales de los accesorios forjados (salvo válvulas) y laminados suelen atenerse a las normas de Instituto Americano de Normalización Estandarización (ANSI), mientras que para válvulas se aplica la especificación API 6D del Instituto Americano del Petróleo. Con respecto a los materiales, es de aplicación la normativa de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM).

Para los accesorios utilizados en canalizaciones de gas, las especificaciones a aplicar son la indicada en la figura 2.6

**FIGURA N° 2.6**  
**ESPECIFICACIONES DE LOS ACCESORIOS**

ACCESORIO	ESPECIFICACION FABRICACION	DIMENSIONES
<i>Forjados</i>		
Bridas	ASTM A-105	ANSI B. 16.5
Weldolets	ASTM A-105	**
Válvulas	ASTM A-105	API 6D
Manguitos***	ASTM A-105	ANSI B. 16.11
<i>Laminados</i>		
Tes	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
Reducciones	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
Codos	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
Caps	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
<i>Fundidos</i>		
Válvulas	ASTM A-216	API 6D

Fuente: [www.hcenergia.com](http://www.hcenergia.com)

#### **f. Soldadura**

Es el proceso de unión de dos metales de la misma especificación técnica, por medio de la fusión provocada por el aporte de calor localizado y soldadura.

- **Tipos de soldadura a utilizar:**

- **GTAW:** Proceso de soldadura que se utiliza un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y el metal base, y así crear la unión soldada.
- **SMAW:** Proceso de soldadura que se utiliza un arco eléctrico, cual es formado entre un electrodo recubierto en forma de varilla y el material base de trabajo.

- **POR COSTURA:** La soldadura eléctrica por costura se basa en el mismo principio que la soldadura por puntos, pero en este caso las puntas de los electrodos se sustituyen por rodillos, entre los cuales y, presionadas por el borde de éstos, pasan las piezas a soldar.
- **A TOPE:** Las dos piezas que hay que soldar se sujetan entre unas mordazas por las que pasa la corriente, las cuales están conectadas a un transformador que reduce la tensión de red a la de la soldadura. Las superficies que se van a unir, a consecuencia de la elevada resistencia al paso de la corriente que circula por las piezas, se calientan hasta la temperatura conveniente para la soldadura. En este momento se interrumpe la corriente, y se aprietan las dos piezas fuertemente una contra otra.
- **Procedimiento de calificación de soldadores**

El propósito de la prueba de calificación de los soldadores se determina con la capacidad (habilidad) de éstos, para realizar soldaduras a tope o filete con el uso de procedimientos previamente calificados.

Todos los soldadores son calificados de acuerdo al API 1104 por medio de ensayos no destructivos.

Las pruebas de calificación de soldadores se realizan usando una probeta que está dentro del grupo de diámetros y espesores a ser soldado en obra. Los soldadores ejecutan la prueba usando el

procedimiento calificado de soldadura.

Todos los soldadores ejecutaron para esta prueba de calificación una soldadura en toda la circunferencia de la tubería, comenzando de la parte superior hasta llegar a la inferior (descendente).

- **Examen visual**

La soldadura debe estar libre de rajaduras, penetración inadecuada y otros defectos, además de tener un buen acabado.

El socavado adyacente al cordón final en el exterior del tubo es menor o igual que 1/32" de profundidad ó 12,5% del espesor de la pared del tubo; el menor valor, y no debe haber más de 2" de socavado en cualquier longitud continua de 12" de soldadura. La soldadura a tope para calificación del soldador es examinada mediante ensayos de radiografía.

A cada soldador que pasó la prueba se le identificó con un código (estampa) para que fuera reconocido cada cordón de soldadura que realice.

Los resultados de las pruebas de cada soldador se registraron en un formato que sería emitido por la empresa calificadora

- **Calificación del procedimiento de soldadura.**

Este procedimiento se ha elaborado según la norma ASME B31.8.

Mediante este procedimiento se definen los parámetros de soldadura de acuerdo al material base.

Este documento contiene los datos correspondientes a las variables del proceso aprobados por ensayos destructivos y no destructivos, y que sobre la base de dicho documento se calificará a los soldadores que podrán intervenir en la ejecución de los trabajos de soldadura.

- **Elaboración de procedimiento de soldadura**

Para la elaboración del procedimiento se definió los siguientes parámetros:

- a. Proceso a emplearse.
- b. Materiales del tubo y accesorios (material base).
- c. Diámetros y espesores de pared del tubo.
- d. Diseño de la junta.
- e. Metal de aporte y número de cordones.
- f. Características eléctricas.
- g. Posición de soldadura.
- h. Dirección de la soldadura.
- i. Intervalo entre los pases.
- j. Tipo y remoción de la grapa de alineamiento.
- k. Limpieza y/o esmerilado.
- l. Pre/post tratamiento térmico.
- m. Velocidad de avance.

- **Verificaciones y/o controles de soldadura**

Se verifica que las probetas estén preparadas de acuerdo al diseño de la junta indicada en la norma ASME B31.8-2010.

Se cuenta con la especificación de soldadura, documento que especifica las variables de soldadura con lo cual se realiza la probeta a calificar.

### FIGURA N°2.7

#### PROBETA PARA CALIFICACION DE SOLDADURA

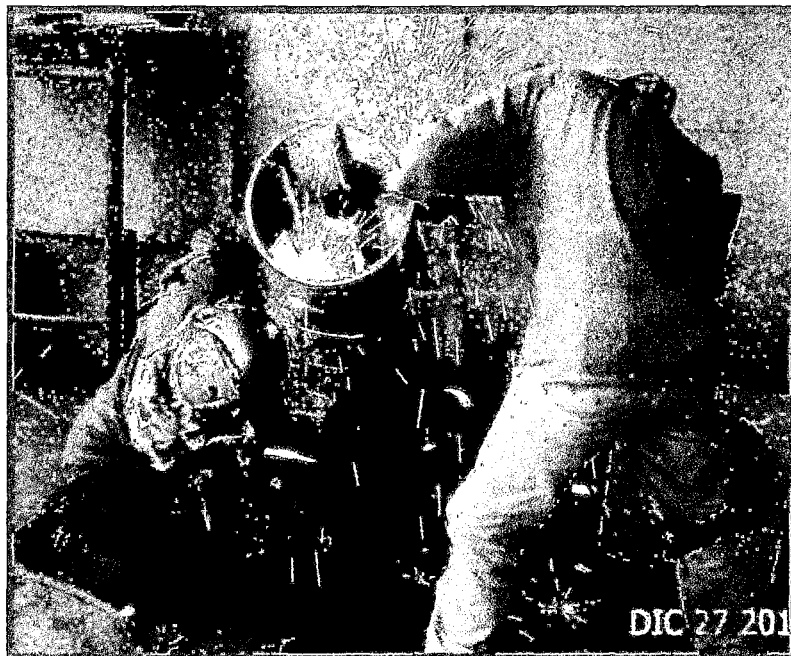


Fuente Propia

- **Verificaciones durante la soldadura**

Se verifica los parámetros de soldadura en los pases de raíz, caliente, relleno y acabado. Las interrupciones en los trabajos de soldadura no superaron los 30 minutos, En ningún caso las tuberías cuando están en proceso de soldadura no son manipuladas hasta que se concluye completamente el pase de raíz al 100%.

**FIGURA N°2.8**  
**CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

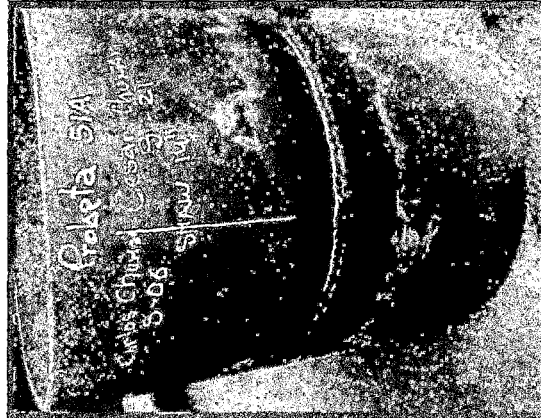


Fuente Propia

- **Verificaciones después de la soldadura**

Terminada la soldadura se procedió a realizar la verificación por método Visual, radiográfico y ensayos mecánicos, utilizando el criterio de aceptación según norma aplicable API 1104-2010.

**FIGURA N°2.9**  
**PROBETA SOLDADA PARA CALIFICAR PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**



Fuente Propia

**Ensayos destructivos de la junta soldada**

Para ensayar el cordón de soldadura, debe cortarse la probeta de acuerdo a lo establecido en la norma API 1104-2010 conforme se indica en el siguiente Cuadro N° 2.3

Las probetas deberán ser sometidas a las siguientes pruebas, tal como lo señala la norma del API 1104-2010:

- Prueba de Nick-break.
- Prueba de dobléz de raíz y de cara.
- Prueba de flexión lateral.



**CUADRO N° 2.3.**

**TIPO Y NÚMERO DE PROBETAS PARA PRUEBA DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

Diámetro exterior de la tubería	Número de ejemplares						
	Pulgadas	Resistencia a la tracción	Prueba de rotura	Dobles de raíz	Doble Cara	Flexión lateral	Total
Espesor de la pared $\leq \frac{1}{2}$ "							
< 2 3/8"		0	2	2	0	0	4
2 3/8" – 4 1/2"		0	2	2	0	0	4
> 4 1/2" – 12 3/4"		2	2	2	2	0	8
> 12 3/4"		4	4	4	4	0	16
Espesor de la pared $> \frac{1}{2}$ "							
$\leq 4 \frac{1}{2}$ "		0	2	0	0	2	4
> 4 1/2" – 12 3/4"		2	2	0	0	4	8
> 12 3/4"		4	4	0	0	8	16

Fuente: Norma API 1104-2010

**g. Ensayos no destructivos**

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas

subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

❖ **Tipos de ensayos no destructivos:**

– **Inspección visual – VT:**

El método más básico y frecuente, realizándose mediante diversas herramientas, tales como fibroscopios, boroscopios, lupas, espejos, etc.

En soldadura se inicia cuando los materiales, llegan al almacén; continua durante todo el proceso de soldadura y finalizando cuando el inspector examina el equipo terminado. Identifica materiales que no cumplen especificaciones, facilita la corrección de defectos durante el proceso de fabricación y reduce la necesidad de posteriores ensayos no destructivos  
END.

– **Inspección por Líquidos Penetrantes - PT:**

Posiblemente sea el método más utilizado por la rapidez en cuanto a la obtención de resultados:

Mediante esta técnica es posible detectar discontinuidades que afloran a la superficie de sólidos no porosos. Para su detección se utiliza un líquido que, aplicado sobre la pieza a examinar, penetra por capilaridad en las discontinuidades y, una vez eliminado el exceso, el retenido en el interior de las mismas exuda y, con la ayuda del revelador, puede ser observado en la superficie de la pieza.

– **La inspección por Partículas Magnéticas – MT:**

Este método es utilizado tanto para el control superficial como subsuperficial:

Esta técnica se utiliza en materiales ferromagnéticos permitiendo detectar grietas y otras discontinuidades tanto superficiales como próximas a la superficie. La sensibilidad es máxima en las discontinuidades superficiales y disminuye rápidamente a medida que aumenta su profundidad. Si a una pieza de acero al carbono se la somete a la acción de un campo magnético y existe una discontinuidad en su superficie cuyo plano sea perpendicular a las líneas de fuerza del campo, éstas tenderán a salvar dicho plano como si se tratara de un obstáculo ya que tendrá una permeabilidad menor que el acero. Si, en estas circunstancias, se extienden sobre la superficie de la pieza partículas finas de material ferromagnético tenderán a acumularse en los campos de fuga para

facilitar el paso de las líneas de fuerza colaborando a restablecer el equilibrio del sistema y disminuyendo de esta forma la energía. La imagen o indicación formada por dichas partículas acumuladas nos dará una idea gráfica de la discontinuidad detectada.

– **La inspección por Ultrasonidos – UT:**

Este método de ensayo volumétrico permite encontrar discontinuidades internas de los materiales.

En los equipos convencionales de Ultrasonidos se produce impulso rectangular corto que excita un cristal en un palpador. El impulso se genera con una tensión eléctrica de alto voltaje. Las vibraciones producidas en el cristal pasan de ser eléctricas a ser mecánicas, ya que hay un movimiento en la pieza. La oscilación del cristal es de una frecuencia muy alta (Megahercios) y no es audible por el oído humano. La oscilación producida por el cristal se propaga en el material en forma de ondas sonoras. Las ondas sonoras son reflejadas en una superficie límite y captadas por el palpador. Las ondas captadas, o mejor dicho, el sonido captado por el palpador se ven reflejado en la pantalla del equipo (eco). Si se ajusta bien el eco y la pantalla podemos detectar defectos en una pieza, determinar el espesor o determinar la ubicación de reflectores.

– **La inspección por radiografía– RT:**

Implica la utilización de radiación gamma o rayos-X (muy penetrantes) para examinar los defectos internos.

Se requieren máquinas con fuentes de radiación que atraviesan el material y producen una "imagen negativa" en una película o film. La radiografía muestra la solidez interna de los materiales examinados. Las posibles imperfecciones se muestran como cambios en la densidad en la película de la misma manera que se aprecian los "huesos rotos".

#### **h. Pruebas a realizar:**

##### **❖ Prueba Neumática:**

Es la prueba de presión que se realiza usando como fluido de prueba generalmente aire o nitrógeno.

La prueba se realiza a los tubos y accesorios que en conjunto y armados responden a una determinada configuración geométrica (spools), que luego se instala en obra.

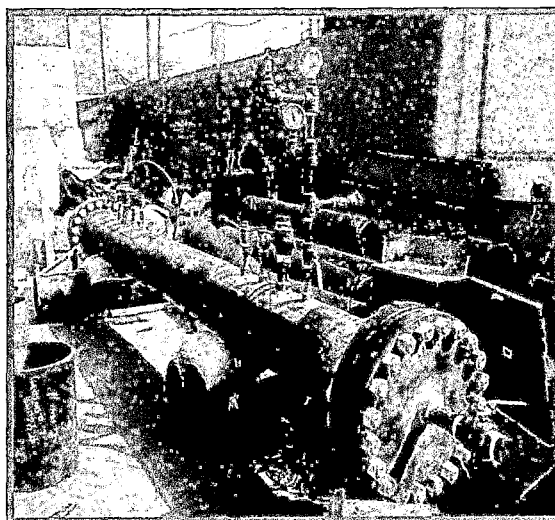
Para la ejecución de la prueba se sigue los siguientes pasos:

- Se asegura las conexiones de ingreso del fluido.
- Se incrementa la presión gradualmente y realiza un chequeo en todas las juntas de soldadura.
- Se realiza un primer chequeo a todas las juntas con espuma de detergente (prueba de la burbuja).

- Si el primer chequeo es satisfactorio se aumenta la presión de prueba en etapas alrededor del 10% de la presión de prueba hasta alcanzar la misma.
- Se realiza otro chequeo con espuma cuando se alcanza la presión de prueba.
- Se chequea las diferentes uniones de soldadura, roscadas o bridas buscando fugas.
- La presión de prueba en los spools de válvula es de 37.5 bares. El tiempo de mantenimiento a la presión de prueba es de 4 horas. Luego de dicho tiempo y en coordinación con la supervisión (CALIDDA) se da por aceptada la prueba.

#### **FIGURA N°2.10**

#### **CABEZAL DE PRUEBAS**



Fuente Propia

### ❖ Prueba Hidráulica:

La prueba hidráulica se realiza según la norma ASME B31.8- 2010, esta prueba se divide en dos etapas: prueba de resistencia y prueba de hermeticidad.

Se mantiene la presión interna superior a la presión normal o máxima de operación en toda la tubería, correspondiente a 30 bar, en condiciones de no flujo y durante un periodo de 32 horas, utilizando agua como medio de prueba.

La finalidad de esta prueba es demostrar la inexistencia de fugas así como de asegurarse que la tubería es lo suficientemente resistente para funcionar bajo las condiciones normales de operación.

La prueba consiste en un ensayo de presión controlada con manómetros e instrumentos registradores de presión y temperatura, los cuales tienen certificado de calidad.

Para realizar la prueba hidráulica se suelda los cabezales con sus accesorios (bridas, niples), en ambos extremos de la línea. El valor de la presión de prueba del cabezal y accesorios es de 1,25 veces la presión máxima de prueba programada para la tubería (37,5 bar) de acuerdo al código ASME B31.8.

Al agua que ingresa y sale de la tubería, se le realiza los siguientes análisis:

- P.H., rango de aceptación de 6 a 8.
- Cloruros máximos, aceptación 200 p.p.m.
- Sulfatos máximos, aceptación 250 p.p.m.
- Sólidos en suspensión máxima, aceptación 50 p.p.m.

El volumen de agua que se añade al tramo de tubería para lograr un aumento de la presión en un bar, se obtiene de la siguiente fórmula que compensa la deformación elástica y la compresibilidad del agua

$$V_a = \left( 0.87 \times \frac{D_i}{2t} + A \right) \frac{V}{1000 \times 0.980665} \quad (\text{litros/ } \Delta P \text{ en bares})$$

Donde:

$V_a$  = Volumen teórico de agua en litros a purgar o añadir por  $\Delta P$  (bar).

$D_i$  = Diámetro interno de la tubería en mm.

$A$  = Valor de la compresibilidad del agua.

$V$  = Volumen de la tubería en  $m^3$ .

Coeficiente 0,980665 = factor para convertir  $kg/cm^2$  en bar.

$t$  = Espesor de pared nominal en mm.

El período de estabilización es conforme, si el volumen de agua añadida o purgada, en litros, dividido por la diferencia de presión real, en bar, es inferior a  $1,06 V_a$  y superior a  $0,94 V_a$ . Si el volumen de agua medido por



bar de cambio de presión sobrepasara un valor de 1,06 Va, el aire atrapado hace imposibles pruebas fiables de resistencia y de hermeticidad. Si el volumen de agua medido por bar de cambio de presión es inferior a 0,94 Va, se ha producido un error en la medición o en los cálculos.

- **Prueba de resistencia:** Es poner en evidencia defectos de las tuberías o de los accesorios que no son detectados en los procesos de control de fábrica. Además se realiza con la finalidad de asegurar que la tubería sea lo suficientemente resistente para funcionar bajo las condiciones normales de operación.
- **Prueba de hermeticidad:** Se realizara al finalizar la prueba de resistencia. Esta prueba se realiza con la finalidad de comprobar la hermeticidad del tramo liberado ya sometido a la prueba de resistencia y para demostrar la inexistencia de fugas en la tubería.

**i. Instalación de puntos de control.**

Para monitorear el potencial de la tubería, se instalan estaciones cada 500 m. a lo largo de la línea de tubería.

Cada punto de control se identifica con un código y se verifica que se construya y realicen las pruebas de acuerdo a con las siguientes especificaciones.

- **Cajas de toma de potencial**

Se verifica que las cajas de toma de potencial sean instaladas en todos los puntos indicados. Estas cajas son instaladas en estructuras de concreto a lo largo de la línea.

- **Conexión de cables**

Se emplean cables # 8 AWG (1 x 10 mm<sup>2</sup>), de aislamiento doble.

- **Soldadura entre el cable y tubería de gasoducto**

La unión entre cable y tubería es a través de soldadura exotérmica de cobre/aluminio, tipo cadweld brand usando un molde de grafito N° CAHM-IG y CA15. Se procede con la soldadura de acuerdo a las recomendaciones del proveedor del cadweld.

- **Aislamiento de la soldadura**

Es un compuesto de material dieléctrico tipo Royston Handy Cap2, impregnado con adhesivo Rosyton Roybond 747, para asegurar un perfecto aislamiento entre la soldadura y la tierra, para un periodo de vida útil de 20 años.

- **Soldadura exotérmica**

La soldadura exotérmica se basa en un proceso fuertemente exotérmico, de reducción del óxido de hierro por el aluminio, el óxido de hierro y el aluminio, finamente molidos, que integran la porción de soldadura, la cual se dispone dentro de un crisol situado encima de la tubería mediante un molde refractario colocado en los extremos del cable y la superficie de la tubería, la cual estaba limpia y libre del recubrimiento. Una vez iniciada

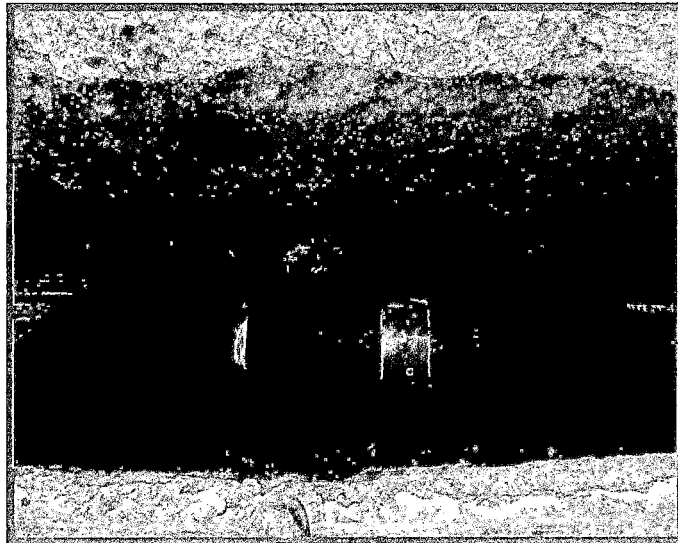
la reacción el proceso es muy rápido, y el material fundido fluye dentro del molde, de manera rápida, quedando tanto el extremo del cable como la tubería unidos firmemente.

Para el proceso de soldadura se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El molde debe ser el adecuado para el cable que se está instalando.
- Cuidar que el extremo del molde no tenga hebras sueltas.
- Se coloca el cable dentro del molde, y queda cerrado perfectamente.
- Verter el polvo de soldadura en la abertura superior del molde según lo indicado por el fabricante. Se recomienda 15 g de carga.
- Encender el fósforo y echar dentro de la abertura superior del molde y cerrarlo inmediatamente.
- Esperar de 15 a 30 segundos antes de abrir completamente el molde, se cubre la soldadura con HANDICAPS y se retira la escoria.
- **Protección catódica**

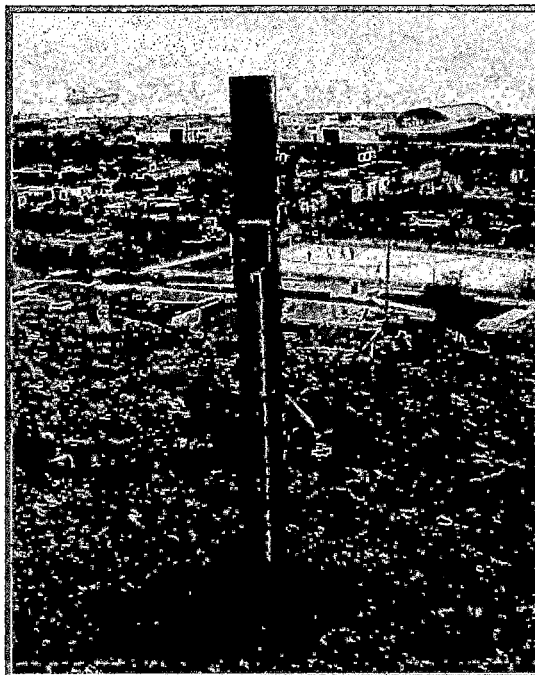
Es el método de reducir o eliminar la corrosión de un metal, haciendo que, la superficie de éste, funcione completamente como cátodo cuando se encuentra sumergido o enterrado en un electrolito. Dentro del presente proyecto esto se logra haciendo que el potencial eléctrico del metal a proteger se vuelva más electronegativo mediante la aplicación de una corriente directa a través de una fuente DC externa (corriente impresa).

**FIGURA N°2.11**  
**SOLDADURA CADWELD**



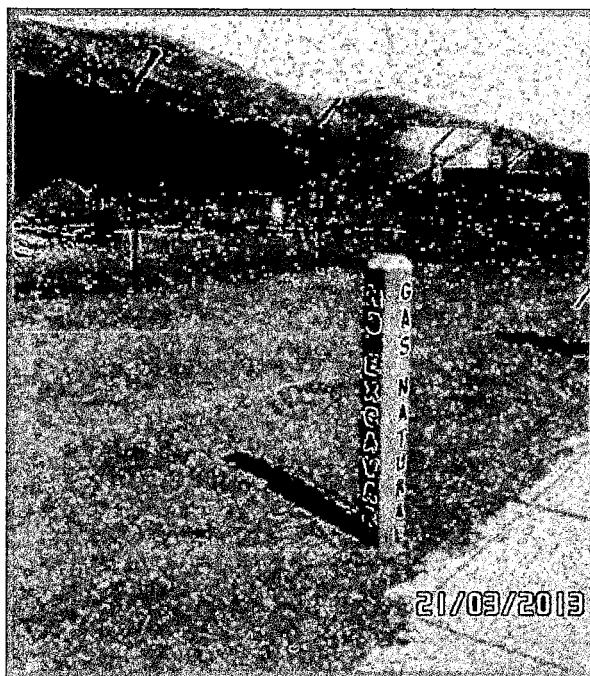
Fuente Propia

**FIGURA N°2.12**  
**POSTE DE PROTECCION CATODICA**



Fuente Propia

**FIGURA N°2.13  
POSTE DE SEÑALIZACIÓN**



Fuente: Propia

**j. Cámara para válvula de bloqueo de red y servicio**

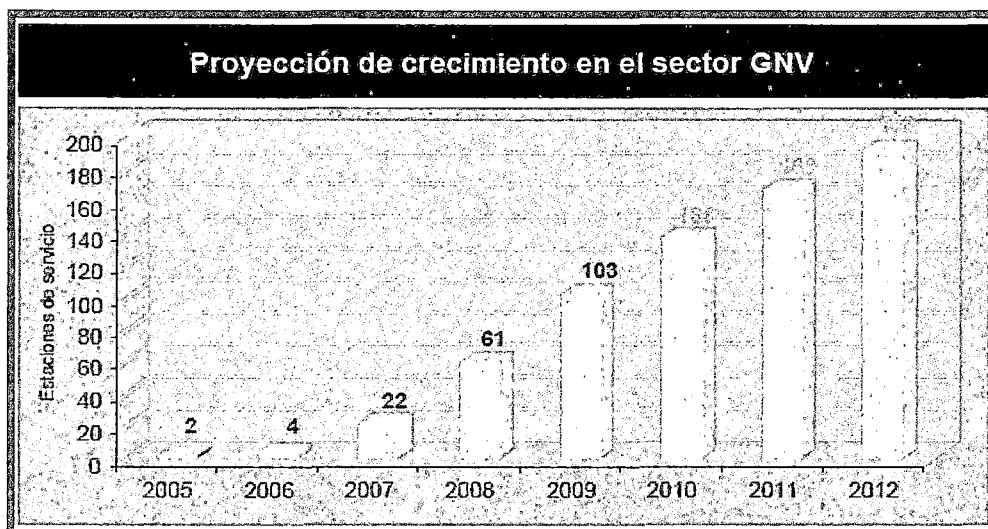
Al final del tramo de la tubería de media presión (27 bar), se requiere ubicar una válvula de bloqueo del suministro de gas a ser utilizado cuando se produzca una fuga de gas, se requiera dar mantenimiento, en caso de incendio, sismo y en los casos más frecuentes. Para seleccionar esta válvula es necesario conocer el diámetro de la tubería donde se va a instalar la máxima presión admisible de operación MAPO ( $10,554 \text{ kg/cm}^2$ ), de acuerdo al código 846.2, de la norma ASME B 31.8. Del Cuadro 4.10 se obtiene las dimensiones mínimas de la cámara, dimensiones de los venteos en la cual va alojada la válvula.

### 2.2.3. ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL A BAJA PRESION

#### a. Consumo del Gas Natural

En la Figura 2.14 se muestra el crecimiento del gas natural desde el 2005 hasta el año 2012.

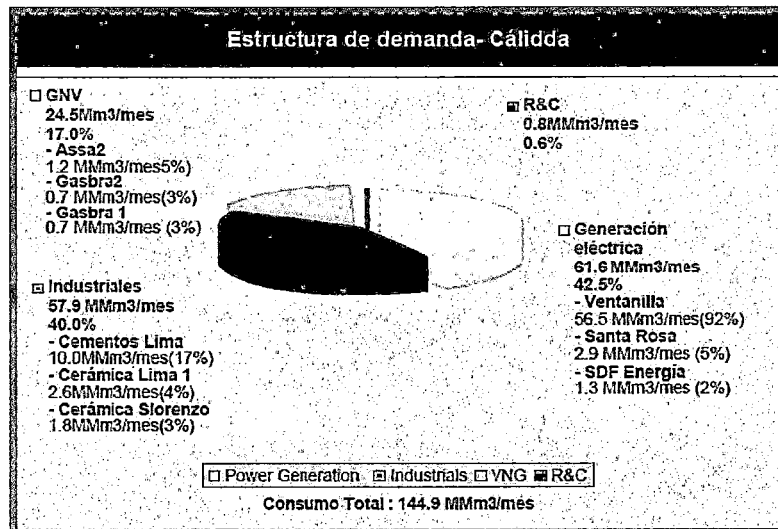
FIGURA N°2.14  
CRECIMIENTO DEL GAS NATURAL



Fuente: Gas de Camisea para Lima y Callao "GNLC"

Lo más sobresaliente es la demanda vehicular que incrementa su participación del actual 17% a un 25%. Luego de este periodo se da la masificación del consumo de gas natural, comenzando el despegue del sector residencial, que alcanza una participación de alrededor del 15% dentro de la mencionada estructura.

**FIGURA N°2.15**  
**ESTRUCTURA DE DEMANDA**



Fuente: Gas de Camisea para Lima y Callao "GNLC"

**b. Máxima Presión Admisible de Operación (mapo)**

Es aplicable a un sistema o dispositivo según lo establecido por los códigos de regulación respectivos.

**c. Presión de Diseño**

Máxima presión de operación permitida, según lo determinado por los procedimientos de diseño aplicables al material y ubicación de que se trate.

**d. Máxima Presión Admisible de Prueba:**

Máxima presión permitida interna del fluido, según lo determinado en este código por una prueba de presión basado en el material y ubicación involucrada.

Para las redes de distribución, se han determinado los siguientes espesores de acero, según las presiones de la red:

**FIGURA N°2.16**  
**ESPEORES DE ACERO**

Espesor	Material	MAPO	Red
SCH40 / STD	Acero	10 bar	Baja presión
11.13mm	Acero	19 bar	Media presión
11.13mm	Acero	50 bar	Alta presión
SDR 11 / 17	Polietileno	5 bar	Baja presión

Fuente: Norma ASME<sup>6</sup> B 31.8 (punto 805.2.3)

**FIGURA N° 2.17**  
**DESCRIPCION Y RANGOS DE PRESION**

Designación	Presión de diseño	MAPO	Presión mínima de operación
Red Principal	50 bar	50 bar	27 bar
Otra redes			
Red de alta Presión	153 bar	153 bar	Dependerá de los criterios operativos de GNLC ≈ 50 bar.
Red de media presión	19 bar	19 bar	Dependerá de criterios operativos del Concesionario
Red de baja presión – acero	19 bar	10 bar	Dependerá de criterios operativos del Concesionario
Red de baja presión – polietileno	5 bar	5 bar	0.5...1 bar

Fuente: Manual de Diseño de Redes de Gas Natural en Lima y Callao

<sup>6</sup> ASME: American Society of Mechanical Engineers.



## **2.3. Normatividad**

### **2.3.1. NORMAS INTERNACIONALES**

Para realizar el proyecto de conexión de tubería para la Refinería la Pampilla se tomó en cuenta las siguientes normas

- **ASME B31.8-2010 (AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEER Edición 2010).**

Esta norma establece los requerimientos considerados como necesarios para el diseño y la construcción segura de tuberías a presión. La norma indica el diseño y las practicas seguras.

Hace referencia a especificaciones de materiales aceptables y estándares de componentes, incluyendo los requerimientos y evaluación de datos y tensiones limitantes, reacciones y movimientos asociados con la presión, cambios de temperatura y otras fuerzas.

La norma establece los requerimientos para examinar, inspeccionar y probar tuberías, también da disposiciones para proteger los ductos de la corrosión interna y externa.

El Cuadro N° 2.4 muestra los capítulos de la norma, una breve descripción y el uso en la presente tesis.

Esta información fue proporcionada al personal técnico, con la finalidad de que estén informados que su trabajo se realiza conforme a norma internacional.

**CUADRO N°2.4**  
**ASME B31.8-2010**

Detalle	Descripción	Uso
Capítulo IV Diseño, Instalación y Pruebas	Describe las condiciones que pudieran causar tensiones adicionales en cualquier parte de la línea o de sus accesorios	Se define los factores más significativos en los cálculos de diseño, tales como espesor de la tubería, presión de operación.
840.22 Clases de Localidad para Diseño y Construcción	Son las clases de localidad a considerar para los cálculos	Según el tipo de localidad en la que se instala el ducto de acero se considera el valor del factor básico de diseño (F).
841.11 Formula del Diseño de Tubería de Acero.	Describe el parámetro a calcular, para determinar el tipo de tubería de acero. $P = \frac{2st}{D} FET$ P: Presión de diseño. D: diámetro nominal exterior E: Factor de junta longitudinal. t: espesor nominal de pared. T: factor de disminución de temperatura. s: tensión mínima de fluencia. F: factor de diseño.	Se calcula el diámetro de la tubería según el valor de la presión de diseño.
841.115A Factor de Junta Longitudinal E	Cuadro de valores de junta longitudinal según el tipo de soldadura de la tubería	Se clasifica el tipo de soldadura de la tubería se toma el valor de E.
841.116A Factor de Disminución de Temperatura T	Cuadro de valores de disminución de temperatura depende de la temperatura a la cual estará sometida la tubería de acero.	Se seleccionó el valor del factor de disminución de temperatura según el ambiente al cual está sometida la tubería a instalar.
841.23 Curvas, Codos y Biseles en Ductos y Líneas	Para realizar un curvado de tubería de acero se describe normas a utilizar	Se realiza el doblado de tuberías en curvado en frío en cambios de dirección de la línea
841.3 Pruebas después de la Construcción	Describe las consideraciones a tomar para realizar las pruebas, de presión de la tubería de acero.	Según el tipo de fluido, clase de localidad, se seleccionó el valor de la presión de prueba, de 1.25 P.
846 Válvulas	Describe las normas para seleccionar las válvulas a utilizar en la línea de tuberías	Se selecciona la válvula según la presión a la cual va a trabajar el ducto y la ubicación de la válvula en línea, se seleccionó válvula de paso reducido
847 Cámaras	Son las especificaciones para diseñar las cámaras de válvulas.	El tipo de cámara de válvula que va a fabricarse en la entrada al cliente fue de concreto de 1.5 m x 1.4 m.
Capítulo VI Control de Corrosión	Describe la importancia de colocar las protecciones catódicas, y los tipos de protección según el lugar donde se entierra la tubería.	La tubería es enterrada por lo que se coloca en ciertos puntos los postes de protección catódica.

Fuente: Elaboración propia a partir de ASME B31.8 -2010

**• API STANDARD 1104 (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE -  
Edición 2010)**

La norma cubre la soldadura por arco y es aplicable tanto para construcciones nuevas como aquellas que se encuentran en servicio.

La soldadura fue hecha por SMAW (Soldadura por arco eléctrico), el proceso usado fue manual, esta norma especifica los procedimientos para ensayos de radiografía y ultrasonido, así como los estándares de aceptación para ser aplicados a la producción de soldaduras ensayadas destructivamente.

El Cuadro N° 2.5 muestra los capítulos de la norma, una breve descripción y el uso dado a la tesis.

**CUADRO N°2.5**  
**API STANDARD 1104**

Detalle	Descripción	Uso
Ítem 3 Definición de Términos.	Describe el significado de cada palabra técnica en el proceso de soldadura de tuberías de acero.	Cada proceso a realizar en la soldadura se tiene definido con el conocimiento del significado de cada término empleado.
Ítem 5. Calificación de Procedimientos de Soldadura para Juntas conteniendo Material de Aporte	Antes de realizar cualquier soldadura en campo se debe realizar un procedimiento de soldadura, el cual se registra en un documento que en lo sucesivo servirá como guía en las calificaciones de soldadores	Se realiza un procedimiento de soldadura el cual se especificó mediante un registro.
5.3 Especificaciones del Procedimiento	Nombra cada parámetro que se debe tener en cuenta para realizar un procedimiento de soldadura	Se determina todos los parámetros de la soldadura de las tuberías, como tipo de material, corriente eléctrica a utilizar.
5.5 Soldadura de las Probetas de Ensayo- Soldadura a Tope.	Se prepara probetas para realizar la soldadura	Se corta pedazos de tubería de acero para la calificación del procedimiento.
5.6 Ensayo de Juntas Soldadas. Soldadura a Tope	Describe los tipos de ensayo a la cual se realizara a la probeta para el procedimiento de soldadura	Realizar la calificación de procedimiento de soldadura, ensayo de tracción, ensayo de rotura con entalla, ensayo de doblado de cara y raíz, ensayo de doblado de lado
Ítem 6 Calificación de Soldadores	Describe los pasos a seguir para la calificación de soldadores para trabajar en producción	Se aplica para calificar la habilidad de cada soldador.
6.2 Calificación Simple	La calificación a realizar a un soldador es de tipo simple, esto consta en preparar probetas para realizar la soldadura ya sea vertical, horizontal o en 45 grados.	Se realiza la soldadura en niples de la misma tubería a instalar, en 45 grados, en forma descendente,
6.4 Inspección Visual	Se determina las consideraciones que se deben tener en cuenta para la aceptación de un cordón de soldadura.	Inspección de soldadura, y calificación de soldadores para la producción en línea.
6.5 Ensayos Destructivos.	Describe la cantidad de ensayos destructivos según el diámetro exterior de la tubería a utilizar para la calificación del procedimiento de soldadura	Prueba de tracción a dos probetas, ensayo de rotura con entalla, dos probetas, doblado de raíz a dos probetas
6.6 Radiografía - únicamente Soldadura a Tope	El ensayo radiográfico se le realiza a las juntas soldadas, para la calificación del procedimiento de soldadura y calificación de soldadores	Mediante la radiografía de las juntas se calificó el procedimiento de soldadura y a los soldadores que trabajaran en el proyecto.
Ítem 7 Diseño y Preparación de una Junta para Soldadura de Producción.	Describe los pasos a seguir para la preparación de los bordes de la tubería antes de realizar una junta de soldadura.	Se usa esmeriles de 4 pulg y 7 pulg durante todo el proceso de soldadura.
Ítem 8 Inspección y Ensayo de Soldadura de Producción	Describe los ensayos a realizar a las juntas soldadas y especifica los requisitos que debe cumplir el inspector de la soldadura	El tipo de ensayo a realizar es radiografía a la unión de accesorios y ultrasonido a la unión de tuberías, el encargado de la inspección de la soldadura es nivel I.
Ítem 9. Estándares de Aceptación para END	Para dar por aceptada una junta soldada realizar las pruebas de radiografía y ultrasonido.	Se realiza la aceptación o rechazo de las juntas soldadas según lo especifica esta norma, para tal se presentaron defectos tales como poros, fusión incompleta
Ítem 10. Reparación y Remoción de Defectos	Si una junta sale para reparación se tiene que tener en cuenta ciertos parámetros, para ser reparadas o cortadas.	Si el defecto es una fisura o si se repara por segunda vez se tiene que cortar la junta soldada y volver a soldar, en caso que sea un defecto como un poro o falta de fusión solo se realiza la reparación a la zona afectada.

Fuente: Elaboración propia a partir de API-1104-2010

La información de esta norma se utiliza para elaborar el procedimiento de soldadura para el proyecto, luego con este registro se califica a los soldadores.

El soldador se calificó cumpliendo una prueba en segmentos de niples de tubería, en un plano inclinado con un ángulo de 45°.

### 2.3.2. REGLAMENTO NACIONAL

Es el reglamento establecido por el OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería).

- **Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos – Decreto Supremo N° 042-99-EM.**

El Cuadro N° 2.6 es un extracto del decreto supremo N°042-99-EM, y se describe los ítems que se han aplicado a la tesis.

**CUADRO N°2.6  
DECRETO SUPREMO N° 042-99-EM.**

<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uso</b>
Título III Capítulo Tercero Soldadura de tuberías de acero y pruebas No Destructivas	Describe los registros necesarios para realizar la soldadura en línea.	Para realizar la soldadura se utiliza el procedimiento de soldadura y la calificación del soldador.
Título III Capítulo Cuarto Pruebas de Presión	Describe los instrumentos y materiales de la prueba hidrostática de la línea de gas.	Se utiliza un registrador y dos manómetros en el inicio y final de la línea. Se verifica cada media hora la lectura de los instrumentos.
Título IV Control de Corrosión	La línea de tubería tiene que estar protegida de la corrosión exterior.	Se coloca protección catódica cada 500 m.
Título VI Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	Describe la capacitación a los trabajadores sobre el uso de implementos de seguridad y cuando ocurren daños como rotura de cables de luz y telefonía o ductos de agua y desagüe se comunica al supervisor.	Se da charlas de seguridad de cinco minutos a los trabajadores de obra.

Fuente: Elaborado a partir de Decreto Supremo N° 042-99-EM

Del cuadro N° 2.6 se establece las especificaciones de la profundidad y relleno de la zanja, distancia mínima a edificaciones. Las uniones por soldadura de las tuberías de acero que no hayan sido sometidas a prueba de presión, inspeccionadas al 100% con ensayos no destructivos.

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1. Variables de la investigación

**Variable independiente:** Diseño, instalación y Puesta en Marcha de la Red Externa.

**Variable dependiente:** Abastecimiento de 18609 mch de Gas Natural a Baja Presión.

#### 3.2. Operacionalización de las variables:

VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIONES
<b>V. INDEPENDIENTE</b> Diseño, instalación y Puesta en Marcha de la Red Externa.	<ul style="list-style-type: none"><li>• El análisis y la revisión de las especificaciones técnicas.</li><li>• Elaboración del procedimiento.</li><li>• Instalación de la tubería.</li><li>• La realización de las pruebas hidráulicas y neumáticas del gaseoducto, puesta en marcha y protocolo de entrega.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Norma Asme B.31.8</li><li>• Manual de Procedimientos de Cálida.</li><li>• Decreto Supremo N° 042-99-EM.</li></ul>
<b>V. DEPENDIENTE</b> Abastecimiento de 18 609 mch de Gas Natural a Baja Presión	<ul style="list-style-type: none"><li>• El cálculo y selección de la tubería.</li><li>• Tendido de tubería basado en las normas y manual del procedimiento.</li><li>• Aprobación por Cálida para gasificar la red externa.</li><li>• recepción del acta de conformidad de obra por parte del cliente.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Norma API 1104</li><li>• Norma Asme B.31.8</li><li>• Manual de Procedimientos de Cálida.</li><li>• Decreto Supremo N° 042-99-EM.</li></ul>

### **3.3. Hipótesis:**

#### **3.3.1. Hipótesis General:**

Al diseñar, instalar y efectuar la puesta en marcha de la red externa de gas natural se lograra el abastecimiento de 18609 mch a baja presión.

#### **3.3.2. Hipótesis Específicas:**

- El análisis y la revisión de la ficha técnica asegurará el correcto cálculo y selección de la tubería según la norma Asme B.31.8.
- La elaboración del procedimiento para el tendido de la tubería, conforme a la norma ASME B 31.8, API 1104 y DECRETO SUPREMO N°042, asegurara el correcto tendido de tubería.
- La instalación de la tubería siguiendo el manual de procedimiento asegurara la aprobación por Cálidda para gasificar la red externa.
- La realización de las pruebas hidráulicas y neumáticas del gaseoducto, puesta en marcha y protocolo de entrega, asegurara la recepción del acta de conformidad de obra por parte del cliente.



## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de la investigación**

Según el propósito de la Investigación, se trata de una investigación aplicada.

**El Método de investigación** es Deductivo o Inductivo.

**En cuanto al nivel de investigación** es descriptiva ya que determina las características de la Red Externa de Gas Natural y establece la relación que hay entre el diámetro de tubería y la conducción de los mch de Gas Natural que pasen a través de ella.

### **4.2. Diseño de la investigación**

Se trata de un diseño No experimental.

#### **4.2.1. Parámetros básicos de investigación:**

- El caudal requerido por la Refinería la Pampilla es de 446616 m<sup>3</sup>/día, para la cogeneración e hidrogenación de sus equipos.
- Presión máxima de operación, 10.554 kg/cm<sup>2</sup> (manométrica).
- Presión mínima de red 6.332 kg/cm<sup>2</sup> (manométrica).
- Longitud de tramo, 2.3 km.
- Materiales y accesorios.
- Diámetro interior de la tubería de acero.

#### **4.2.2. Etapas de la investigación:**

Se llevó a cabo las siguientes etapas:

1. Cálculos para encontrar el diámetro, espesor de tubería a instalar para hacer llevar el gas natural a esta refinería.
2. Se realiza el levantamiento topográfico.
3. La elaboración de planos constructivos, que contienen las interferencias los grados de curvatura preliminar de la tubería, la ubicación de los puntos de control, las progresivas de inicio y final, la ubicación de la tubería existente (punto de empalme).
4. Cronograma de obra y cronograma de capacitación de personal para que sea certificado en las actividades a realizar.
5. Gestión de permisos (se solicita a la entidades como SEDAPAL, EDELNOR, TELEFONICA, sus conexiones en las zonas a trabajar, también se realiza el estudio de restos arqueológicos de la zona (CIRA). Gestionar permisos municipales y comunicación a Osinergmin).
6. La elaboración de los procedimientos de seguridad, y calidad que comprende los procedimientos constructivos civiles y mecánicos. (las normas ASME B31.8, API 1104.)
7. Se realiza la ejecución de la instalación del tendido de tubería de Gas siguiendo los procedimientos constructivos y de seguridad.

8. La ejecución del proyecto se inicia con el proceso de identificación del área de trabajo, comprendiendo desde la identificación de la trayectoria de la línea de gas sobre el terreno, autorización para inicio de trabajos, hasta la señalización y marcado del eje de la línea de tuberías.

Se procede con el correcto lineamiento del trazo y replanteo en la implantación del eje para la zanja usando estacas de madera y pintura, así como también para la señalización de los límites de excavación para la zanja. Seguidamente se identifican y marcan las zonas puntuales donde existen interferencias (agua, luz, etc.) en las que se realizan calicatas.

**FIGURA N°4.1**

**TRAZO Y REPLANTEO DE LA LÍNEA**



Fuente Propia

En los casos de las interferencias (cables de suministro de alumbrado eléctrico, tuberías de agua y desagüe, líneas de

conexión telefónica), la decisión sobre si la línea de gas pasa por arriba o por debajo de las interferencias es tomada en obra, según las circunstancias específicas de la línea que causa la interferencia y conforme las normas dadas por CALIDDA.

A un costado de la zanja se ubican, codifican y señalizan hitos sobre el terreno con sus progresivas correspondientes:

Cada 250 m y en los puntos de inflexión de la línea y en cada kilómetro para usarlos como puntos nuevos para el control de avances y posiciones.

Sobre cada junta de soldadura se toma la cota en el lomo del tubo y en la superficie del terreno para verificar la tapada correcta de la instalación.

Seguido se inicia el corte del pavimento con un equipo llamado cortador, Luego se realiza la perforación y/o demolición de la losa de concreto y/o asfalto haciendo uso de un mini cargador, con la finalidad de obtener la dimensión y forma geométrica deseada.

Después se procede a extraer la masa de concreto y/o asfalto previamente demolida, con maquinaria (mini cargador).

Toda la masa de concreto y/o asfalto que es extraída se retira a lugares fuera de la obra, llamados botaderos.

Al término de la construcción se restituye el nivel original del pavimento previamente removido.

**FIGURA N°4.2**  
**CORTE DE PAVIMENTO**



Fuente Propia

**FIGURA N°4.3**  
**DEMOLICION DE PAVIMENTO**



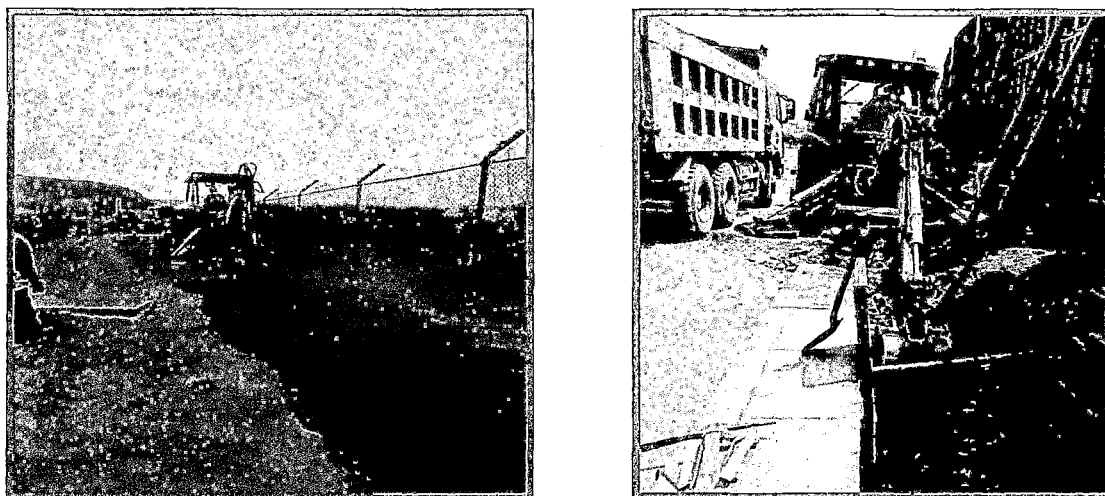
Fuente Propia

Se continúa con la excavación de la zanja que viene a ser la remoción del material en la cual se ubica la tubería para el gas natural.

Las excavaciones de zanja se efectúan teniendo en cuenta la profundidad para tener una tapada mínima de 1.20 m, y se mide desde el nivel de rasante hasta la parte superior del tubo a enterrar. El ancho de zanja en el fondo es equivalente al diámetro del tubo más una distancia de 20 cm a cada lado.

Para los laterales de la zanja se elimina todo elemento sobresaliente que pudiera dañar a las tuberías en el proceso de bajada de los mismos.

**FIGURA N°4.4**  
**EXCAVACION DE LA ZANJA**



Fuente Propia

Se considera el talud natural del suelo más un ensanche de modo que si este se desmorona no disminuye el ancho de la zanja en la base.

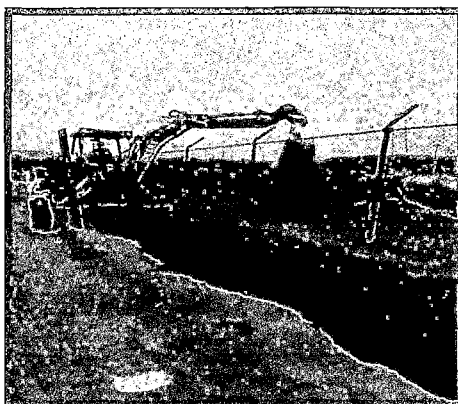
**FIGURA N°4.5**  
**PREPARACION DE PAREDES DE LA ZANJA**



Fuente Propia

El material proveniente de la excavación se coloca a un costado de la zanja y sobre terreno limpio, posteriormente se utiliza este material para el relleno de la misma. Toda la zona de trabajo y en un ancho adecuado se protege con elementos de delimitación de área a fin de evitar la circulación de personas o vehículos a través de ellos así como evitar que se contamine por actos de terceras personas.

**FIGURA N°4.6**  
**ACUMULACIÓN DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN**

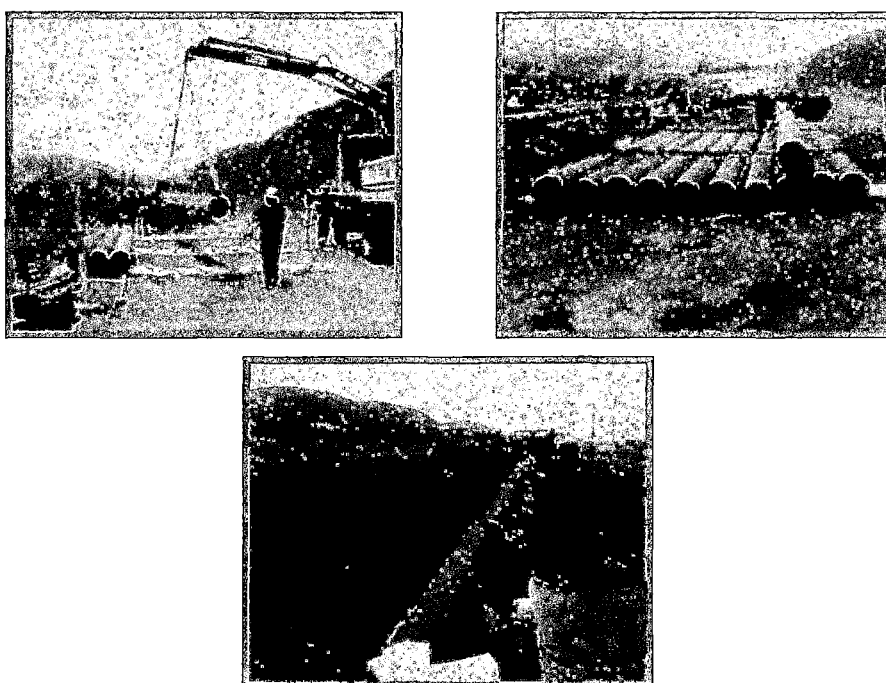


Fuente Propia

Después de concluir con la excavación de la zanja se procede con el desfile de la tubería, colocando los tubos sobre sacos con arena al costado de la zanja. Se realiza el manipuleo o desfile de tubería con grúa y se usa Eslingas de nylon de 2 pulgadas de ancho y de capacidad 3 toneladas, con sogas a cada extremo de la tubería, dichas sogas no deben contar con ningún nudo.

Toda herramienta que se utiliza para el manejo, transporte, almacenaje y acopio de la tubería es revestida para evitar el daño a los tubos o al revestimiento. Cada tubo se levanta y baja en posición horizontal con suficiente capacidad en el equipo de izaje, sin dejarlo caer y/o arrastrarlo.

**FIGURA N°4.7**  
**DESFILE DE LA TUBERÍA**



**Fuente Propia**

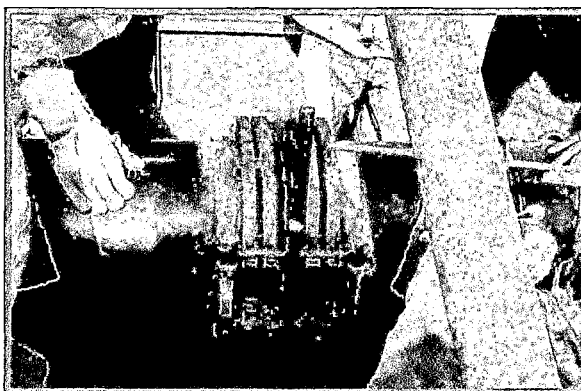


Después del desfile de tubería y preparación de la zanja procedemos a realizar la soldadura en campo, alineamos la tubería mediante una grapa externa utilizando pórticos de metal.

Durante el alineamiento de las tuberías se tiene en cuenta la ubicación de la costura longitudinal de los tubos, verificándose que estén alternados entre el 1<sup>ro</sup> y 4<sup>to</sup> cuadrante, separados 10 pulgadas.

**FIGURA N°4.8**

**ALINEACION DE TUBERIA CON GRAPA**



Fuente Propia

Se comienza la soldadura teniendo en cuenta los pasos siguientes:

**a) Antes**

- Se verifica los alcances de aplicación del código ASME B31.8 de acuerdo a la ubicación de la junta a soldar en el gasoducto.
- Se verifica que los parámetros eléctricos de soldadura, estén conforme al procedimiento aprobado el cual es registrado en un formato de toma de datos de soldadura.

- Se verifica el cumplimiento de la preparación de la junta con el procedimiento de soldadura.
- Se verifica que antes del armado de la junta a soldar la zona se encuentre limpia (2 Pulgadas a cada extremo de la tubería) de pintura, grasa, óxido y otras impurezas que pudieran contaminar la soldadura.
- Se verifica que la carpa para la protección del viento y/o lluvia, este instalada en la zona a soldar.

#### **b) Durante**

- Se verifica que se limpie la escoria después de cada soldadura.
- Se verifica que la temperatura de precalentamiento sea la establecida en la especificación de procedimiento de soldadura utilizado.
- Las grapas y elementos de fijación como apuntalamientos con soldadura, son removidos cuando se completen el 50% de la soldadura en el pase de raíz.
- La tubería no se levanta durante la soldadura.
- Cuando por circunstancias ajenas al soldador, no se concluye con los pases de relleno y acabado, estos son completados en la siguiente jornada de trabajo. Para continuar con la soldadura en la nueva jornada de trabajo, se precalienta la junta a 100°C.

**FIGURA N°4.9**  
**SOLDADURA EN CAMPO**



Fuente Propia

**c) Después**

- Se verifica visualmente el acabado y las dimensiones del cordón de soldadura.
- El 100% de las juntas soldadas son evaluadas a través de ensayo de ultrasonido.
- Los criterios de aceptación para la inspección visual y los ensayos de ultrasonido de la soldadura del gasoducto estuvieron de acuerdo con API Estándar 1104 o el código ASME B 31.8 Section IX.

Al final de cada jornada, los extremos de cada tramo de tubería se tapan para evitar el ingreso de elementos extraños a la línea del gasoducto.

Después de terminar la soldadura se realiza los ensayos no destructivos ya sea la inspección por ultrasonido, radiografía o líquidos penetrantes.

Después de realizada la inspección se continúa con el revestimiento de las juntas soldadas con unas mantas termocontraíbles que son las protección de este metal desnudo.

La ejecución de este revestimiento son las siguientes:

**a) Previo al granallado**

Se efectúa limpieza o retiro de grasas y/o cualquier otro material extraño, del área de metal expuesto y zona adyacente del revestimiento que fue cubierta con manta termo contraíble.

**b) En el granallado**

Se precalienta el metal expuesto a 60° C, siempre que las condiciones ambientales así lo ameriten.

Para la preparación de la superficie del metal de acero, se emplea escoria de cobre.

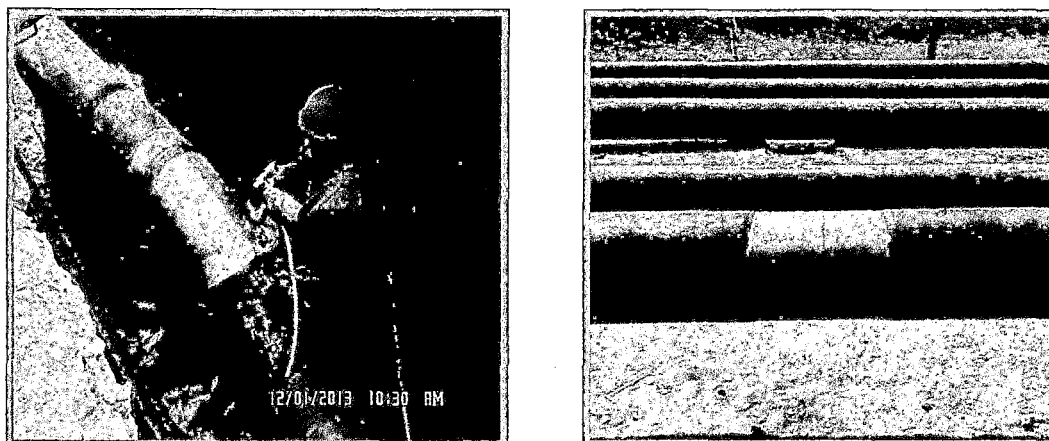
La preparación superficial del metal de acero se realiza hasta alcanzar el grado SSPC-SP 10 (Metal casi blanco).

Al realizar la limpieza con escoria de cobre, se usa un manto de plástico para recepcionar la escoria residual.

Se prepara ligeramente el revestimiento adyacente a la junta soldada, por lo menos 100 mm por lado, quitándole el brillo para obtener una rugosidad que mejore la adherencia.

**FIGURA N°4.10**

**GRANALLADO DE LA JUNTA DE SOLDADURA**



Fuente Propia

La rugosidad de la superficie metálica tiene como mínimo 40 micrones. Se controla la rugosidad mediante medidores y comparadores visuales de rugosidades que se detallan en el cuadro N°4.1.

**CUADRO N°4.1**

**COMPARADORES Y MEDIDORES VISUALES DE RUGOSIDAD**

TIPO DE INSPECCIÓN	EQUIPO	ENSAYOS A REALIZAR
Inspección Instrumental (1)	Surface Profile Comparator Keane - Tator	Según requerimiento
Inspección Instrumental (2)	Reloj comparador de rugosidad Cinta Testigo Press – O Film	Una junta por día

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

La verificación de la rugosidad por medio instrumental (2) es realizada en aquellas juntas ejecutadas durante la jornada de labor previamente seleccionada por el control de calidad (QA/QC), sea esta dentro o fuera de la zanja, y se toma en un punto cualquiera de su superficie.

Si el resultado de la prueba está dentro de lo permisible, (ver equivalencias cuadro 4.2) no se requieren realizar más pruebas por ese día, y se adosa el sticker al registro en el ítem respectivo.

**CUADRO N°4.2**

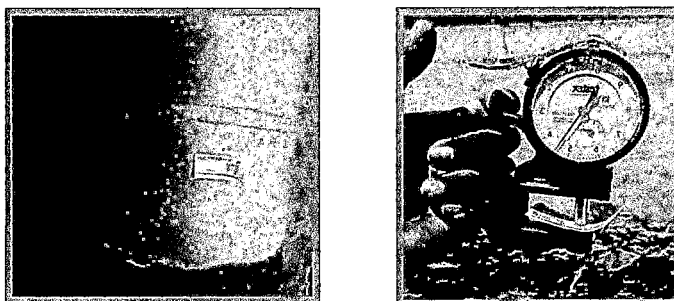
**EQUIVALENCIAS DE RUGOSIDAD DE SUPERFICIE**

UNIDAD	RANGO DE MEDICIÓN DEL EQUIPO	VALOR MÍNIMO DE RUGOSIDAD ACEPTADO
Mills <sup>*7</sup>	1,5 a 4,5 Mills	≥ 1,6 Mills
Micrón	37,7 a 112,5 Micrones	≥ 40 Micrones

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

**FIGURA N°4.11**

**PRUEBA DE RUGOSIDAD**



Fuente Propia

<sup>7</sup> \*Mills: unidad de medida de rugosidad de la superficie.

Se remueve el polvo y el material remanente antes de la instalación de la manta termo contraíble.

**c) Preparación del *Primer Epóxy***

Antes de colocar la manta termo contraíble se cubre la zona con un líquido llamado Primer Epóxy Raychem S 1239, para lo cual se tiene en cuenta los siguientes cuidados en su preparación:

- Se realiza el mezclado de los componentes por un tiempo aproximado de un (1) minuto, teniendo cuidado de obtener una mezcla homogénea.
- La mezcla una vez preparada tiene una duración aproximada de 30 minutos a una temperatura de 23°C.
- El Primer Epóxy se usa mientras la mezcla se encuentra líquida.
- Para un fácil mezclado y manipuleo, el primer epóxy se usa a una mínima temperatura de 18° C.

La dosificación en el mezclado de los componentes del primer epóxy es un volumen, como lo muestra el cuadro 4.3 siguiente:

**CUADRO N°4.3  
DOSIFICACIÓN EN EL MEZCLADO DE LOS COMPONENTES DEL  
PRIMER EPÓXY**

COMPONENTES	VOLUMEN
A	2
B	1

Fuente: Catálogo de instrucción de MSDS PRIMER S1239, RAYCHEM

**d) Aplicación de manta termo contraíble.**

- Se precalienta la superficie del metal y del revestimiento de línea hasta alcanzar una temperatura no menor de 60° C ni mayor a 100° C para asegurar una buena adherencia.

**FIGURA N°4.12**

**PRECALENTAMIENTO DE LA JUNTA A REVESTIR**

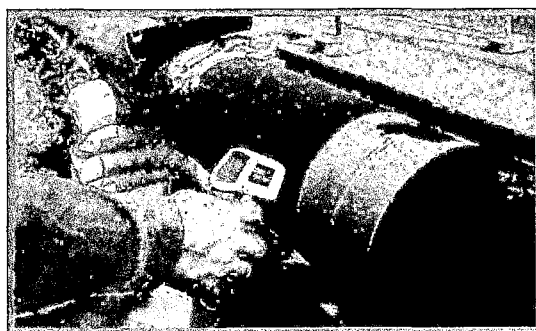


Fuente Propia

- Se verifica la temperatura de precalentamiento con termómetro, se evita el uso de lápices o indicadores que contaminen la superficie.

**FIGURA N°4.13**

**VERIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA**



Fuente Propia



- Una vez obtenido la temperatura se aplica la mezcla de *primer epoxy* sobre el metal desnudo, y sobre el revestimiento de la línea adyacente a la junta, utilizando un aplicador apropiado.
- La aplicación del *primer epoxy* debe sobrepasar el ancho de la manta a instalar en aproximadamente 20 mm por lado.

**FIGURA N° 4.14**

**APLICACIÓN DEL PRIMER EPOXY A LA JUNTA A REVESTIR**



Fuente: Propia

- Se verifica que la superficie donde se instala la manta termo contraíble esté totalmente recubierta y en forma homogénea con el *Primer Epoxy*.

Inmediatamente después de la aplicación del *Primer Epoxy*, y mientras la película del *Primer* este húmeda, se coloca la manta termo contraíble, centrándola sobre la unión soldada y se envuelve flojamente, dejando una separación aproximada de 25 mm entre la tubería y la manta. El borde con los ángulos

recortados debe ubicarse en las "10" o las "2", posición del reloj en la sección de la tubería. La superposición o traslape de la junta de cierre debió ser de por lo menos 50 mm.

**FIGURA N° 4.15**  
**COLOCACIÓN DE LA MANTA TERMO CONTRAÍBLE**



Fuente Propia

- Se aplica el parche de cierre sobre el traslape, calentándolo en la parte del adhesivo por 1 ó 2 segundos, con fuego directo. Se coloca centrado sobre el borde expuesto en el final de la manta termo contraíble.

**FIGURA N° 4.16**

**APLICACIÓN DEL PARCHE DE CIERRE**



Fuente: Propia

- Una vez instalado en la junta de cierre (traslape) de la manta termo contraíble se calienta de un extremo a otro aplicándole una presión uniforme para asegurar una buena adherencia y eliminar el aire atrapado con el rodillo. El “tramado del tejido” del parche de cierre se muestra visible, como indicativo de que el mismo ha sido calentado hasta la temperatura mínima requerida.

**FIGURA N°4.17**

**ADHERENCIA DE LA MANTA CON CALENTAMIENTO**



Fuente Propia

- Se comienza a calentar a partir del centro de la manta termo contraíble y hacia uno de sus extremos, calentando en forma circunferencial alrededor de la tubería en constante movimiento para evitar que la manta termo contraíble se queme y luego hacia el otro extremo. Se evita mantener la llama perpendicular a la manta termo contraíble
- La posibilidad de atrapar aire, se evita, pasando el rodillo sobre la manta termo contraíble, inmediatamente después de que la misma ha sido contraída sobre toda la superficie y mientras se encuentra aún caliente y blanda expulsando las burbujas de aire.

**FIGURA N°4.18**

**PASO DEL RODILLO POR LA MANTA TERMO CONTRAÍBLE**



Fuente: Propia

Se verifica la correcta instalación de la manta termo contraíble, mediante las siguientes pruebas y controles:

### **a) Inspección visual**

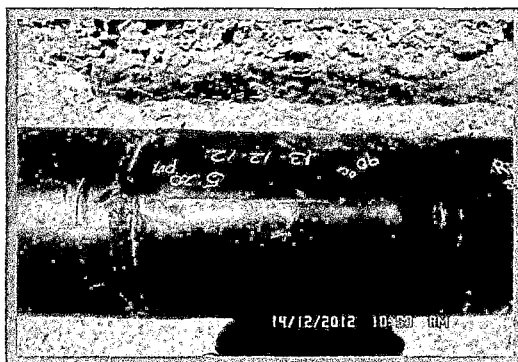
La manta termo contraíble se inspecciona visualmente, comprobándose lo siguiente:

- La inspección de la junta se efectúa luego que la manta termo contraíble y la tubería han alcanzado una temperatura de 23° C.
- El perfil del contorno de la soldadura debe ser identificable a través de la manta termo contraíble.
- Los extremos de la manta termo contraíble queda firmemente adheridos al revestimiento de línea.
- No existen extremos levantados.
- Observan que el adhesivo termoplástico fluye por ambos extremos de la manta termo contraíble.
- La manta termo contraíble debe presentar un aspecto uniforme, no debiendo existir huecos, puntos fríos, burbujas, cortes, quemaduras ó agujeros.
- En los casos que se presente bolsas de aire, la instalación de la manta es aceptable cuando cumple simultáneamente las siguientes condiciones:
  - ✓ La dimensión de algunos de estos defectos no excede los 10 cm<sup>2</sup>.

- ✓ La sumatoria de dichos defectos sea menor a un 5% de la superficie cubierta por la manta.
- No existe signos de elementos extraños atrapados en el adhesivo debajo de la manta termo contraíble.
- La superposición de la manta termo contraíble sobre el revestimiento de línea adyacente es de por lo menos 50 mm en cada extremo.
- Se movilizan las secciones con mantas instaladas luego de efectuada la prueba de adherencia de modo satisfactorio, toda esta actividad se registra diario.

#### FIGURA N°4.19

#### MANTA INSTALADA EN LA JUNTA DE SOLDADURA



Fuente: Propia

#### b) Prueba de adherencia

Para efectuar la prueba se tuvo las siguientes consideraciones:

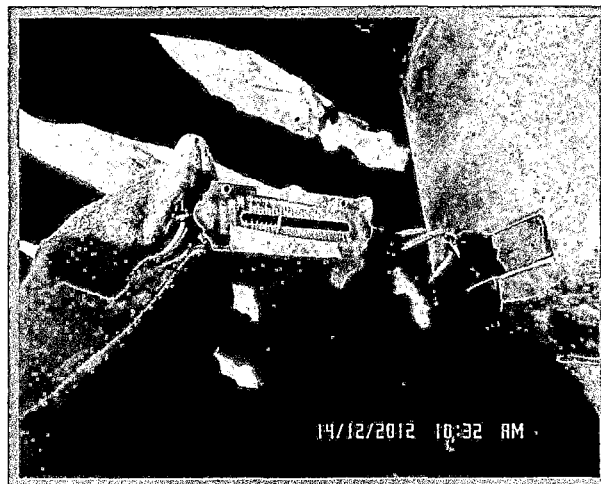
- El ensayo se efectuó a la mañana siguiente de aplicación de la manta termo contraíble, considerando para el ensayo en el tiempo recomendado de 15 horas.

- Si por fuerza mayor se requirió manipular los varillones con revestimiento, se realiza la prueba de adherencia a una muestra del grupo afectado.
- La frecuencia del ensayo es una prueba por trabajo ejecutado en una jornada el ensayo lo realiza el revestidor calificado.
- La inspección de adherencia se verifica a una temperatura de la manta termo contraíble de 23 °C (ambos, tubería y manta termo contraíble, a la misma temperatura).
- Se cortaron 2 tiras de 25x120 mm, perpendicularmente al eje de la tubería con una navaja (posición de inicio: horaria de 9 ó 3), una en el área que se encuentra entre la soldadura circunferencial y el revestimiento de línea, y otra sobre el revestimiento de línea.
- Se removieron manualmente los primeros 30-40 mm del borde de la tira, utilizando un destornillador y donde se coloca la grapa.
- Se ajusta el dinamómetro para la realización de la prueba de adherencia, al borde de la tira de prueba y se instala la grapa para la prueba respectiva.
- Tomando el dinamómetro con ambas manos, se emplea una fuerza firme de 3 kg, con un ángulo de 90° con respecto a la circunferencia de la tubería, manteniendo la carga por 60 segundos. La distancia de desprendimiento no supera los 100

mm, siempre manteniendo el sentido del ángulo de tirado. Si el resultado es positivo, se adosa un sticker al registro, en el Ítem respectivo.

- Si la prueba de adherencia resulta con valores de desprendimiento superiores a los 100mm, esto indica que la manta queda invalidada; en estos casos se procede a realizar la prueba a otra manta de la misma jornada y del mismo equipo de instaladores, y se decide lo siguiente:
  - ✓ Si el resultado es lo mismo, se procede a efectuar el ensayo sobre todas las mantas instaladas por el mismo equipo y en la misma jornada de trabajo.
  - ✓ Si el resultado está dentro de lo permisible en la segunda manta, se validan las mantas instaladas.

**FIGURA N°4.20**  
**PRUEBA DE ADHERENCIA**



Fuente Propia



**FIGURA N°4.21**  
**DESPRENDIMIENTO DE MANTA**



Fuente: Propia

**FIGURA N°4.22**  
**REPARACIÓN DE LA MANTA DESPRENDIDA**



Fuente: Propia

FIGURA N°4.23

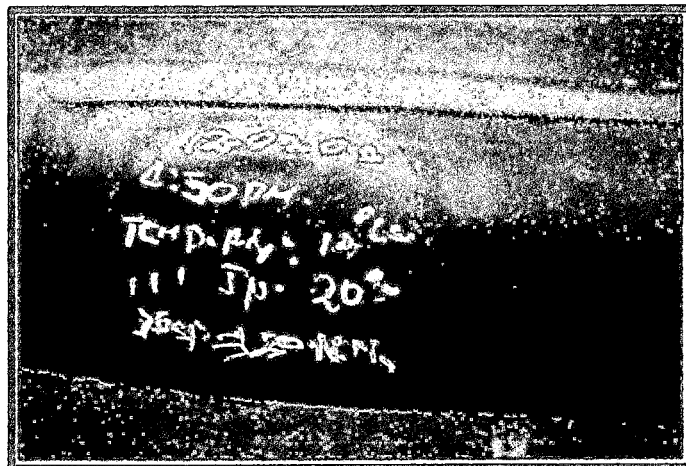
COLOCACIÓN DEL PARCHE DE REPARACIÓN



Fuente: Propia

FIGURA N°4.24

TERMINACIÓN DE COLOCACIÓN DEL PARCHE DE REPARACIÓN



Fuente: Propia

Una vez que la instalación y/o reparación de mantas esté terminado, se realiza la prueba de "Holiday Detector".

#### **Holiday Detector (Detector de Porosidad)**

El voltaje de detección máximo recomendado es de 5kV por cada mm de espesor del recubrimiento más 5kV.

Si existe un defecto, se marca el orificio con un marcador adecuado, como tiza, crayola, para identificar el área que luego será reparada. Se confirma que la reparación es aceptable utilizando un Holiday Detector.

**FIGURA N°4.25**

#### **REVISIÓN DEL REVESTIMIENTO CON HOLIDAY DETECTOR**



Fuente Propia

Después de pasar el Holiday Detector se procede con el bajado de tubería.

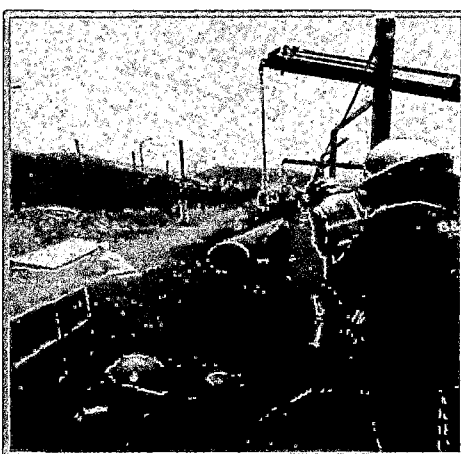
#### **Bajado de tubería**

Al pasar las 15 horas mínimas después del revestimiento, se procede a la prueba de adherencia a una junta de soldadura revestida y a pasar el

Holiday Detector por todos los varillones. Luego se procede al bajado de tubería, con dos grúas, dirigidas por el maniobrista.

Al finalizar el bajado se procede a asegurar la fosa donde se realiza la unión de soldadura con los varillones.

**FIGURA N°4.26**  
**BAJADO DE TUBERIA**



Fuente Propia

Después del bajado de tubería vemos si hemos llegado al PK 0+500 para proceder con la soldadura exotérmica pues se debe colocar cada 500m de la línea.

A continuación procedemos con el tapado de tubería.

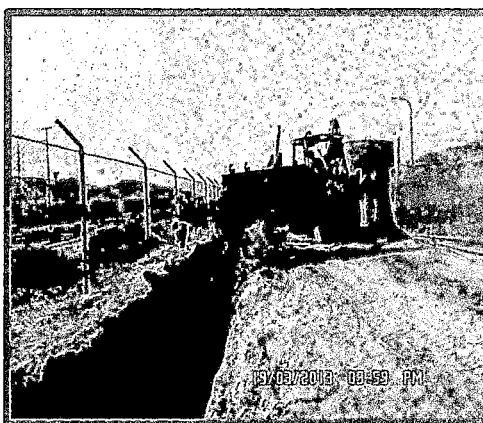
#### **Tapado, compactación y reposición**

Se inicia el tapado de las tuberías con arena fina, luego se remoja la zanja con agua y para lograr la compactación hidráulica, se continúa con el tapado con material de relleno, afirmado, colocando la cinta de señalización a los

35 cm tomando como referencia la superficie, se finaliza con la reposición de la zona afectada.

En todo el proceso de la instalación la supervisión de CALIDDA está presente.

**FIGURA N°4.27**  
**TAPADA DE TUBERIA**



Fuente Propia

**FIGURA N°4.28**  
**COMPACTACION DEL TERRENO**



Fuente Propia

Antes del tapado total a 30cm de la superficie se hace el paso del Pearson Test.

### **Procedimiento de Pearson Test**

Ensayo no destructivo para detectar fallas en el recubrimiento de tuberías y accesorios. Se basa en el envío de señales eléctricas hacia el objeto metálico. La energía de la señal pasa al suelo por medio de “fugas de energía” a través del metal desnudo o contacto del tubo con metales en el relleno de tapada. La ubicación de estas “fugas” es detectada por un equipo adecuado. Cada “fuga de energía” indica una falla en el revestimiento.

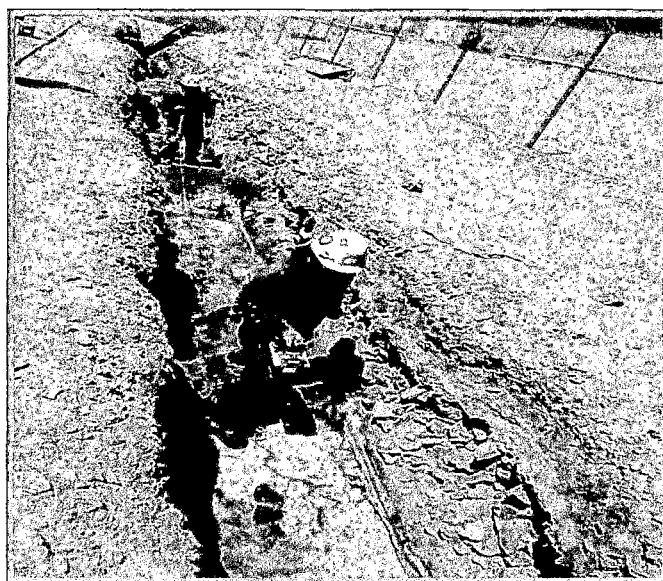
### **Ejecución**

**Inspección de la protección del recubrimiento de tubería, después de un relleno.**

- Después de un relleno parcial (primera capa de arena) de la zanja sobre el conducto y antes de la restauración del sitio (pavimentación), se lleva a cabo la inspección del recubrimiento de tubería, empleando el método denominado “Pearson Test”.
- Para que éste método pueda aplicarse con continuidad y sin inconvenientes, se deja libre los extremos de las secciones a ser verificadas y asegurar la posibilidad de realizar conexiones eléctricas. Además de asegurar el acceso y la estabilidad de las zanjas.

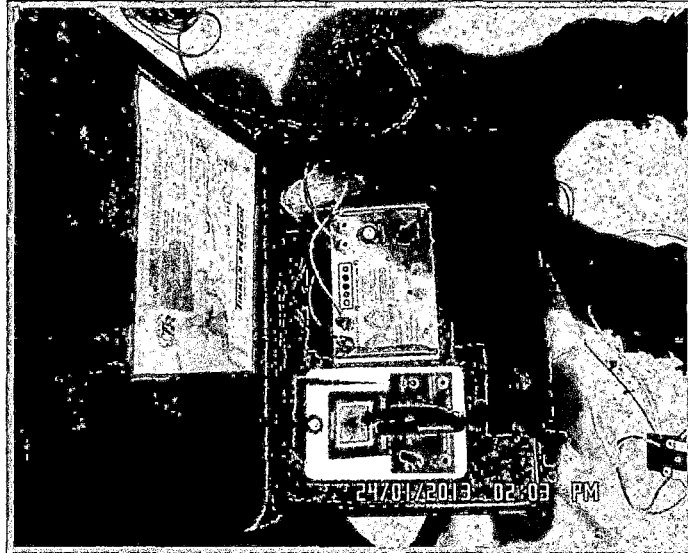
- Se humedece el relleno de zanja (arena) con el empleo de agua.
- A través de esta prueba se verifica que no exista fallas de cobertura, en donde se presenta el metal desnudo, en contacto con el suelo circundante o con metales de objetos extraños.
- La falla de cobertura (metal desnudo), una vez detectada, es marcada en el terreno con pintura y/o estacas apropiadas, las referencias son reportadas en este se sustenta la excavación de la zanja para efectos de reparación.
- Las secciones de tubería a ser inspeccionados son definidas en terreno por el operador a partir del alcance del receptor de la señal emitida y no supera los 2000 m de longitud.

**FIGURA N°4.29**  
**INSPECCIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE TUBERÍA MEDIANTE EL**  
**PEARSON TEST**



Fuente Propia

**FIGURA N° 4.30**  
**EQUIPO PEARSON TEST**



Fuente: Propia

Cuando se termina de instalar la tubería se realiza la prueba hidráulica para verificar que la tubería este en buen estado.

La prueba Hidráulica se realiza una vez terminada la instalación de la tubería de gas.

Realizada la limpieza preliminar, se da comienzo al llenado de la línea con agua, utilizando una bomba adecuada que garantice una presión capaz de vencer la presión estática, con el fin de desplazar el aire que pueda acumularse en las curvas realizadas durante la construcción. Una vez llena la columna se deja circular agua hasta que esta salga completamente limpia y sin aire.

Antes de elevar la presión interna de las tuberías, se logra la estabilización de temperatura entre el agua y el suelo circundante.



Después del llenado de la tubería, se espera por un intervalo de tiempo antes del inicio de la prueba a efectos de lograr la nivelación térmica.

Una vez logrado el equilibrio térmico se comienza a elevar la presión mediante el empleo de la motobomba de alta presión hasta alcanzar la presión de la etapa de estabilización, equivalente al 80% del valor de la presión de prueba de resistencia del tramo.

Se realizan lecturas de la temperatura cada 15 minutos.

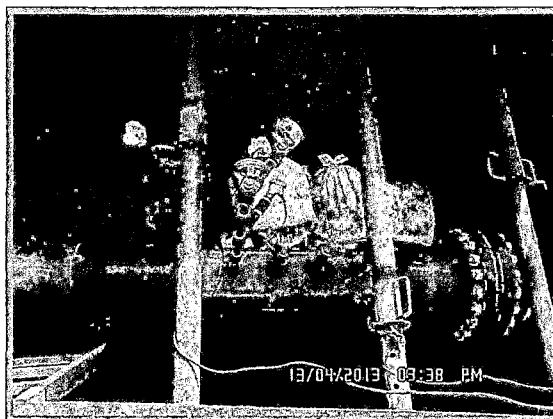
El volumen de agua necesario para alcanzar la presión de estabilización (80% de la presión de prueba de resistencia) es medido y registrado periódicamente cada 5 bar de aumento de presión.

El volumen de agua que se añade al tramo de tubería para lograr un aumento de la presión en un bar.

Una vez llena la tubería, se instalan los equipos de control con registrador gráfico de presión y temperatura en uno de los cabezales de prueba ubicada en el extremo del tramo en prueba, además:

- Un termómetro para medir la temperatura del agua en la tubería.
- Un termómetro para medir la temperatura del suelo, ubicado a una distancia de 30 cm. del tubo.
- Un termómetro para la temperatura ambiente.
- Un manómetro (todos los equipos y accesorios con rango adecuado y calibración vigente).

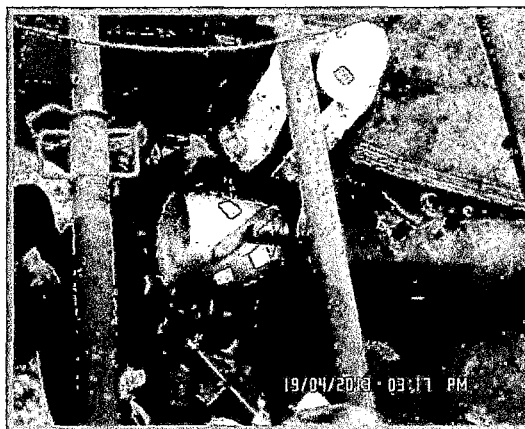
**FIGURA N°4.31**  
**INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE REGISTRO DE PRUEBA**



Fuente: Propia

Concluida la prueba hidrostática, se procede a despresurizar la tubería y a desalojar el agua. Luego para realizar el secado y limpieza de la línea se procede a pasar espumas y Brushing Pig, empujados con aire, con una compresora, se continúa con el secado y limpieza de la tubería hasta que al cortar la espuma la penetración de suciedad sea de 2 mm.

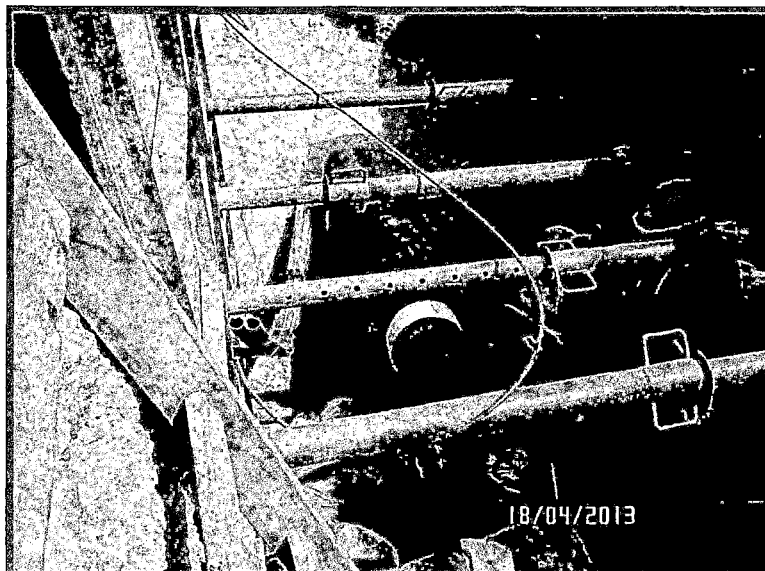
**FIGURA N°4.32**  
**PASE DEL BRUSHING PIG**



Fuente Propia

**FIGURA N° 4.33**

**PASE DE ESPUMA PARA EL SECADO Y LIMPIEZA**



Fuente: Propia

**FIGURA N°4.34**

**CORTE DE LA ÚLTIMA ESPUMA ENVIADA**



Fuente propia

La prueba hidráulica se da por terminada cuando es aceptada por CALIDDA y luego se procede a la evacuación del agua.

La limpieza es terminada cuando el supervisor de CALIDDA da la conformidad.

Luego de limpiar la tubería se realiza la medición del punto de rocío de la tubería, donde el valor mínimo debe ser de  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ., esto para determinar que la línea está completamente seca.

La línea se deja inertizada con nitrógeno a una presión mínima de 1 bar. hasta el día de su habilitación.

- Luego se procede a realizar la conexión de la válvula del cliente y la tubería matriz.
- Concluida la construcción se realiza la gasificación de la línea, el gas natural circula por toda la tubería y llega a las instalaciones de la Refinería La Pampilla.

#### **4.2.3. Detalles de la Investigación:**

##### **a. Cálculo del diámetro de la tubería**

- Se inicia con el cálculo del diámetro interior de la tubería con los datos proporcionados por la Refinería la Pampilla.

Son los siguientes:

- Q: Caudal de gas:  $18609\text{ m}^3/\text{h}$

- $p_i$ : presión máxima de operación,  $10,554 \text{ kg/cm}^2$  (manométrica).
- $p_f$ : presión mínima de red,  $6,332 \text{ kg/cm}^2$  (manométrica).
- L: longitud de tramo, 2.3 km.

a) Condición al inicio del tramo de la tubería:

$$p_i = 10,554 \text{ kg/cm}^2 \text{ (10,35 bar)}.$$

Condiciones de ambiente

$$T = 21^\circ\text{C}$$

$$P = 1,03 \text{ kg/cm}^2 \text{ (1,01 bar)}.$$

b) Condición al final del tramo de la tubería:

$$p_f = 6,332 \text{ kg/cm}^2 \text{ (6,21 bar)}.$$

Condiciones de ambiente

$$T = 21^\circ\text{C}$$

$$P = 1,03 \text{ kg/cm}^2 \text{ (1,01 bar)}.$$

- p: Presión manométrica.
- P: Presión absoluta.

Cuando el caudal diario es menor que 500000 m<sup>3</sup>/día la presión está comprendida entre 5 bares y 25 bares y el diámetro no es mayor de 300 mm (12 pulgadas), se puede emplear la fórmula de Weymouth:

**FIGURA N° 4.35**  
**FÓRMULA DE WEYMOUTH**

$$Q = WZE \frac{P_i^2 - P_f^2}{L_E}$$

Fuente: Manual práctico de cálculo de ingeniería "Tyler G. Hicks" pág., 346,347

Dónde:

Q: Caudal de gas m<sup>3</sup>/día, Figura 4.35

W: Constante de Weymouth, Cuadro N° 4.4

Z: Factor de compresibilidad del gas, Cuadro N° 4.5

E: Coeficiente de eficiencia, Figura N° 4.36

P<sub>i</sub>: Presión absoluta al inicio del tramo, kg/cm<sup>2</sup>.

P<sub>f</sub>: Presión absoluta al final del tramo, kg/cm<sup>2</sup>.

L<sub>E</sub>: Longitud de cálculo del tramo de tubería, km.

$$L_E = L_{\text{física}} + L_{\text{acces}}$$

#### CUADRO N°4.4

#### CONSTANTE DE WEYMOUTH.

DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO (pulgadas)	W
13	½	123
19	¾	260,1
25	1	496,8
38	1 <sup>1/2</sup>	1552,3
51	2	3022,4
75	3	9085,5
100	4	19054,6
125	5	58526,4
200	8	118662,2
250	10	216032,9
300	12	342813,8

Fuente: Instalaciones de Gas "Nestor Cuadri.

El factor de compresibilidad Z, depende de la presión absoluta inicial  $P_i$ , indicándose los valores en el Cuadro N°4.5

#### CUADRO N° 4.5

#### FACTOR Z SEGÚN PRESIÓN INICIAL

Presión inicial. $P_i$ Kg/cm <sup>2</sup> abs.	Factor Z
5 a 10	1,01
10 a 20	1,02
20 a 25	1,03

Fuente: Instalaciones de Gas "Nestor Cuadri.

El coeficiente de eficiencia E se establece en función del diámetro de la tubería y el caudal diario circulante de gas. Puede usarse los valores indicados en el Figura N° 4.36.

**FIGURA N° 4.36**  
**COEFICIENTE DE EFICIENCIA E.**

Diámetro		Caudal en m <sup>3</sup> /día													
mm	pulgadas	500 000	300 000	200 000	120 000	80 000	50 000	30 000	20 000	12 000	8 000	5 000	3 000	2 000	1200
19	3/4										1,18	1,1	1,06	1,02	0,95
25	1									1,15	1,1	1,05	1,03	0,99	0,92
38	1 1/2					1,22	1,19	1,15	1,11	1,06	1,01	0,96	0,9		
51	2			1,22	1,2	1,17	1,13	1,06	1,03	1,01	0,96	0,9			
75	3		1,17	1,16	1,14	1,09	1,02	0,97	0,95	0,9	0,85	0,8			
100	4	1,13	1,11	1,1	1,05	1,01	0,96	0,92	0,9	0,82					
130	6	1,06	1,02	0,98	0,94	0,88	0,86	0,84	0,78						
200	8	1,01	0,96	0,92	0,86	0,84	0,82	0,7	0,72						
250	10	0,94	0,93	0,87	0,84	0,81	0,79	0,72							
300	12	0,9	0,87	0,81	0,8	0,76	0,73								

Fuente: Instalaciones de gas, Nestor Cuadri

Reemplazando los valores en la fórmula de Weymouth:

$$Q_i = 18609 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 18609 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{24\text{h}}{\text{día}} = 446616 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Considerando el  $Q_{\text{requerido}} = 446616 \text{ m}^3/\text{día}$

La presión inicial absoluta es:

$$P_1 = 10,554 + 1,0330 = 11,587 \text{ kg/cm}^2.$$



Considerando el 40% de caída de presión inicial

La presión final absoluta es:

$$\Delta p_{\max} = 0,4 \times 10,554 = 4,22 \text{ kg/cm}^2.$$

$$P_f = (10,554 - 4,22) + 1,033 = 7,365 \text{ kg/cm}^2.$$

Z: se encuentra del Cuadro N° 4.5 con el valor de  $P_i$ : 11,587 kg/cm<sup>2</sup>;  
Z=1,02

Para determinar el diámetro del ramal es necesario efectuar el pre dimensionamiento y luego su verificación para considerar un diámetro definitivo:

Se estima, en principio el coeficiente de eficiencia:  $E = 1$

$$Q = WZE \frac{P_i^2 - P_f^2}{L_E}$$

Reemplazando en la fórmula:

$$446616 \frac{m^3}{dia} = W \times 1,02 \times 1 \sqrt{\frac{11,587^2 - 7,365^2}{2.3}}$$

$$W = 74238,03$$

El más próximo por defecto se toma del cuadro 1 el diámetro 8" con un

$$W = 118662,2$$

Para efectuar la verificación, se determina el flujo de gas que circula cuando se utiliza el diámetro de 8", dado que el caudal debe ser mayor que el caudal requerido.

El valor del coeficiente de eficiencia E se encuentra en el cuadro N° 4.36 para un diámetro de 200 mm (8") y caudal 446616 m<sup>3</sup>/día entonces E=0.86

La longitud equivalente para accesorios, es el 3 % de la longitud del tramo.

$$L_{aces.} = 0,03 \times 2.3 \text{ km} = 0.069 \text{ km.}$$

$$\text{Longitud total: } 2.3 + 0.069 = 2.369 \text{ km}$$

Z: se encuentra del cuadro N° 4.5 con el valor de P<sub>i</sub>: 11,587 kg/cm<sup>2</sup>  
Z=1,02

$$Q = WZE \frac{\overline{P_i^2 - P_f^2}}{L_E}$$

$$Q = 118662.2 \times 1.02 \times 1.01 \sqrt{\frac{\overline{1,587^2 - 0,365^2}}{2.369}}$$

$$Q = 609970.22 \text{ m}^3/\text{día}$$

De modo que el caudal suministrado es mayor que el  $Q_{requerido}=446616$  m<sup>3</sup>/día.

#### b. Cálculo del espesor de la tubería

Mediante la fórmula establecida en la norma ASME B31.8. (841.11), se procede a calcular el espesor mínimo que debe tener la tubería.

$$P = \frac{2 \times S \times t}{D} \times F \times E \times T$$

Donde:

P: Presión de prueba o Máxima Presión Admisible de Operación

1,4

S: Tensión mínima de fluencia especificada en PSI, estipulada en la especificación bajo la cual se compró la tubería del fabricante.

S=42000PSI.

D: Diámetro exterior de la tubería, pulgadas. D= 8.625 pulgadas.

F: Factor básico de diseño obtenido de la tabla ASME B 31.8 (841.114A)

cuadro N°4.6. F=0,4.

F=Como este gasoducto es una línea relativamente corta, característica sumada al hecho de que su tramo que demanda mayor factor de seguridad (por estar en Zona Clase 4) es al final de la línea, se determinará un solo Factor de Diseño y una única Presión de Diseño para todo el gasoducto.El caso más crítico es el de la Zona Clase 4, con Construcción Tipo D.

E: Factor de junta longitudinal, obtenido de la tabla ASME B31.8 (841.115A) Cuadro 4.8, E= 1.

T: Factor de disminución de temperatura, obtenido de la tabla ASME B 31.8 (841.116A) Cuadro 4.9, T=1,0.

t: Espesor nominal de pared, pulgadas.

**Seleccionando los valores:**

a) D: 8.625 pulgadas, valor seleccionado de la tabla de especificaciones dada por TENARIS.

**CUADRO N° 4.6.**

**FACTOR BÁSICO DE DISEÑO, F SEGÚN CLASE DE LOCALIDAD**

<b>Clase de Localidad</b>	<b>Factor de Diseño, F</b>
Localidad Clase 1, División 1	0,80
Localidad Clase 1, División 2	0,72
Localidad Clase 2	0,60
Localidad Clase 3	0,50
Localidad Clase 4	0,40

Fuente: ASME B 31.8 (Tabla 841.114A)

**CUADRO N°4.7.**

**FACTOR BÁSICO DE DISEÑO, F**

Factores de diseño F			
0,72	0,60	0,50	0,40
Servidumbre privadas en clase 1 de trazado	Servidumbre privadas en clase 2 de trazado	Servidumbre privadas en clase 3 de trazado	En todas las clases 4 de trazado
Invasiones parciales sobre:	Invasiones paralelas sobre:	Invasiones paralelas sobre:	
(i) caminos privados en clase 1 de trazado	(i) caminos privados en clase 2 de trazado	(i) caminos privados en clase 3 de trazado	
(ii) caminos no mejorados en clase 1 de trazado	(ii) caminos públicos no mejorados en clase 2 de trazado.  (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 1 y 2.	(ii) caminos públicos no mejorados en clase 3 de trazado.  (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 3.	
Cruces sin camisa de caminos privados en clase 1 de trazado.	Cruces sin camisa de:  (i) caminos privados en clase 2 de trazado.  (ii) caminos públicos no mejorados en clase 1 y 2 de trazado.  (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 1 de trazado.	Cruces sin camisa de:  (i) caminos privados en clase 3 de trazado.  (ii) caminos públicos no mejorados en clase 3 de trazado.  (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 2 y 3 de trazado.	
Cruces encamisados de caminos públicos no mejorados, caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 1 de trazado.	Cruces encamisados de caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 2 de trazado.	Tuberías de plantas compresoras, reguladoras de medición en clase 1,2 y 3 de trazado	
	En puentes en clases 1 y 2 de trazado.  Conjuntos soldados en gasoductos en clase 1 y 2 de trazado.	En plataformas costa afuera o aguas navegables interiores incluyendo acometidas, en clases 1,2 y 3 de trazado.	

Fuente: ASME B 31.8 (Tabla 841.114B)

a) La tubería escogida para este gasoducto es de especificación API 5L, Grado X42. Contará con costura longitudinal de fabricación, del tipo ERW (*Electric Resistance Welded*) – Soldada por Resistencia Eléctrica.

Para esta especificación de tubería y el tipo de soldadura longitudinal, el ANSI B31.8 establece un Factor de Junta Longitudinal:  $E = 1,0$

**CUADRO N°4.8  
FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL E**

Espefic. N°	Clase de Tubería	Factor E
ASTM A 53	Sin costura	1
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1
	Soldada a Tope en Horno: Soldadura continua	0,6
ASTM A 106	Sin costura	1
ASTM A 134	Soldadura por Electro Fusión con Arco	0,8
ASTM A 135	Soldado por Resistencia Eléctrica	1
ASTM A 139	Soldado por Electro Fusión	0,8
ASTM A 211	Tubería de Acero Soldad en Espiral	0,8
ASTM A 333	Sin costura	1
	Soldada por Resistencia Eléctrica	1
ASTM A 381	Soldadura por Arco Doble Sumergido	1
ASTM A 671	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13,23,33,43,53	0,8
	Clases 12,22,32,42,52	1
ASTM A 672	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13,23,33,43,53	0,8
	Clases 12,22,32,42,52	1
API 5L	Sin costura	1
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1
	Soldado por Electro Fulguración	1
	Soldado por Arco Sumergido	1
	Soldado a Tope en Horno	0,6

Fuente: ASME B 31.8 (TABLA 841.115A)

b) La temperatura normal de operación de la tubería, que estará enterrada, estará normalmente a menos de 23 °C (73 °F), menor a los

250 °F que determina el código para reducir la resistencia permisible a la tubería.

Por ello, el Factor de Reducción de resistencia por la Temperatura, T, para este gasoducto será:

$$T = 1,0$$

**CUADRO N° 4.9**  
**FACTOR DE DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA T**

Temperatura, °F	Factor de Disminución de Temperatura, T
250 o menos	1
300	0,967
350	0,933
400	0,9
450	0,867

Fuente: ASME B 31.8, Tabla 841.116A

Según el decreto supremo N° 042-99-EM (dada por Osinergmin la presión es:

$$\text{Presión de prueba} = 19 \times (1.5) \times (1,25) = 35.625 \text{ Bar} = 516.7 \text{ Psi}$$

$$\text{Máxima presión de operación} = 516.7 / 1,4 = 369.07 \text{ Psi}$$

$$P = 369.07 \text{ PSI}$$

$$369.07 = \frac{2 \times 42000 \times t \times 0,4 \times 1 \times 1}{8.625}$$

t = 0,09 pulgadas.

El espesor es menor que la tubería seleccionada. El exceso de tubería se considera que puede ayudar a una mayor duración ante ataques de corrosión.

- También se puede determinar el valor máximo de presión que puede soportar la tubería:

$$P = \frac{2 \times 42000 \times 0,322 \times 0,4 \times 1 \times 1}{8.625}$$

P=1254.4 psi

P=86.48 Bar.

Valor que es mucho menor que la resistencia a la presión interna (2740psi), dado por el fabricante, y también menor que la presión de prueba hidrostática recomendada por el fabricante 2350 psi.

### 4.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de esta tesis se llevó a cabo el uso de las siguientes técnicas:

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis Documental	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planos</li><li>• Fotografías</li><li>• Fichas</li></ul>
Mediciones	<ul style="list-style-type: none"><li>• Flujometro,</li><li>• Manómetros</li><li>• Termómetros</li><li>• Set de Galgas</li><li>• Equipo de topografía</li></ul>



## V. RESULTADOS

Longitud total	2.369 km
Constante de Weymouth	118662,2
Presión inicial absoluta	11.587 kg/cm <sup>2</sup>
Presión final absoluta	7.365 kg/cm <sup>2</sup>
Diámetro	8 pulg.
Máxima presión de operación	369.07 psi
Presión que puede soportar la tubería	1254.4 psi
Espesor	0.322 mm

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación de la Hipótesis con los resultados**

Mediante el cálculo y selección del diámetro de 8 pulg. según la norma ASME B31.8 se puede asegurar que la tubería transportará el caudal de 18609 mch que se requiere.

Con el espesor calculado de 0.322 pulg. según la norma ASME B31.8 se comprueba que la tubería de 8 pulg. soportará la presión de operación a la cual va trabajar la línea de gas.

Mediante la elaboración del procedimiento para el tendido de tubería conforme a las normas ASME B31.8, API 1104 y DECRETO SUPREMO se realizó una correcta instalación de tubería.

Se realizaron las pruebas hidráulicas y neumáticas con las presiones necesarias dando resultados positivos para la aprobación y recepción de la línea por Cálidda para proceder con la gasificación.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

De la tesis Diseño de un Ramal de Alimentación de Gas Natural de 1460 sm<sup>3</sup>/h para la Compañía Minera Luren se puede observar que el diámetro resultante es 4 pulg con un espesor de 6.02 mm esto es debido a que el caudal es 1460 sm<sup>3</sup>/h a diferencia de la presente investigación donde tenemos un caudal de 18609 mch con un diámetro de 8 pulg y espesor de 8.18 mm. En ambos casos la presión de operación es 10 Bar.

Para la tesis Diseño de un Ramal de Alimentación de Gas Natural de 1460 sm<sup>3</sup>/h para la Compañía Minera Luren se ha colocado una válvula de servicio al ingreso del cliente de 4 pulg similar al que se ha colocado en la presente investigación que es una válvula de servicio de 8 pulg.

## **VII. CONCLUSIONES**

- Se elaboró el levantamiento topográfico, las especificaciones técnicas, los planos correspondientes, los procedimientos de calidad y seguridad.
- Se elaboró los procedimientos para el tendido de tubería según las normas ASME B31.8 y API 1104 que se indica en el marco normativo.
- Se realizó la instalación del tendido de tubería que puede suministrar un caudal de 18 609 mch.
- Las pruebas hidráulicas y neumáticas realizadas en el gaseoducto instalado fueron aprobadas sin inconvenientes emitiéndose así el protocolo de entrega y la puesta en marcha.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Considerar un programa de mantenimiento el cual garantice la prolongación de la vida útil del gaseoducto instalado.
2. En el movimiento de tierras es importante realizar el trazado de línea por zonas de menor interferencia, ya que eso implica una menor profundidad de zanja.
3. Realizar una programación de trabajo y llevar el control de su ejecución día a día.
4. Realizar la pre limpieza de todas y cada una de las tuberías.
5. Verificar de que la tubería se haya eliminado toda la corrosión existente.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

### **LIBROS**

1. HICKS, Tyler g. "Cálculos de Ingeniería". Editorial Reverté S.A. Barcelona, España 1981.
2. QUADRI, Néstor. "Instalaciones de gas". Librería y editorial Alsina, quinta edición. Noviembre 2004, Buenos Aires Argentina.

### **MANUALES Y CATALOGOS**

1. Cálidda. "Manual de construcción de redes externas". Marzo de 2008, Lima - Perú.
2. Editorial Alcanos S.A. "Manual de procedimientos". Enero 1978, Bogotá. Capitulo B pág. B1 – D8.
3. Esferomatic. "Catálogo de válvulas esféricas bridadas". Octubre 2010, Argentina.
4. EXSA Oerlikon. "Catálogo de propiedades de electrodos". Edición 2003, Perú.
5. Raychem HTLP 60. "Catálogo de instalación de mantas termo contraíbles". Abril 2006, USA.
6. TENARIS Tamsa. "Catálogo de tuberías de acero de conducción".2008, Argentina.

## CÓDIGO Y NORMAS CONSULTADAS

1. "Norma American Petroleum Institute (API): API Standard 1104".Edición 1999.
2. "Norma The American Society of Mechanical Engineers (ASME): código de ASME para tubería a presión B.31".Edición 1999, USA.
3. "Reglamento de distribución de gas natural por red de ductos: decreto supremo N° 042-99 EM".Febrero del 2008.

**ANEXOS**

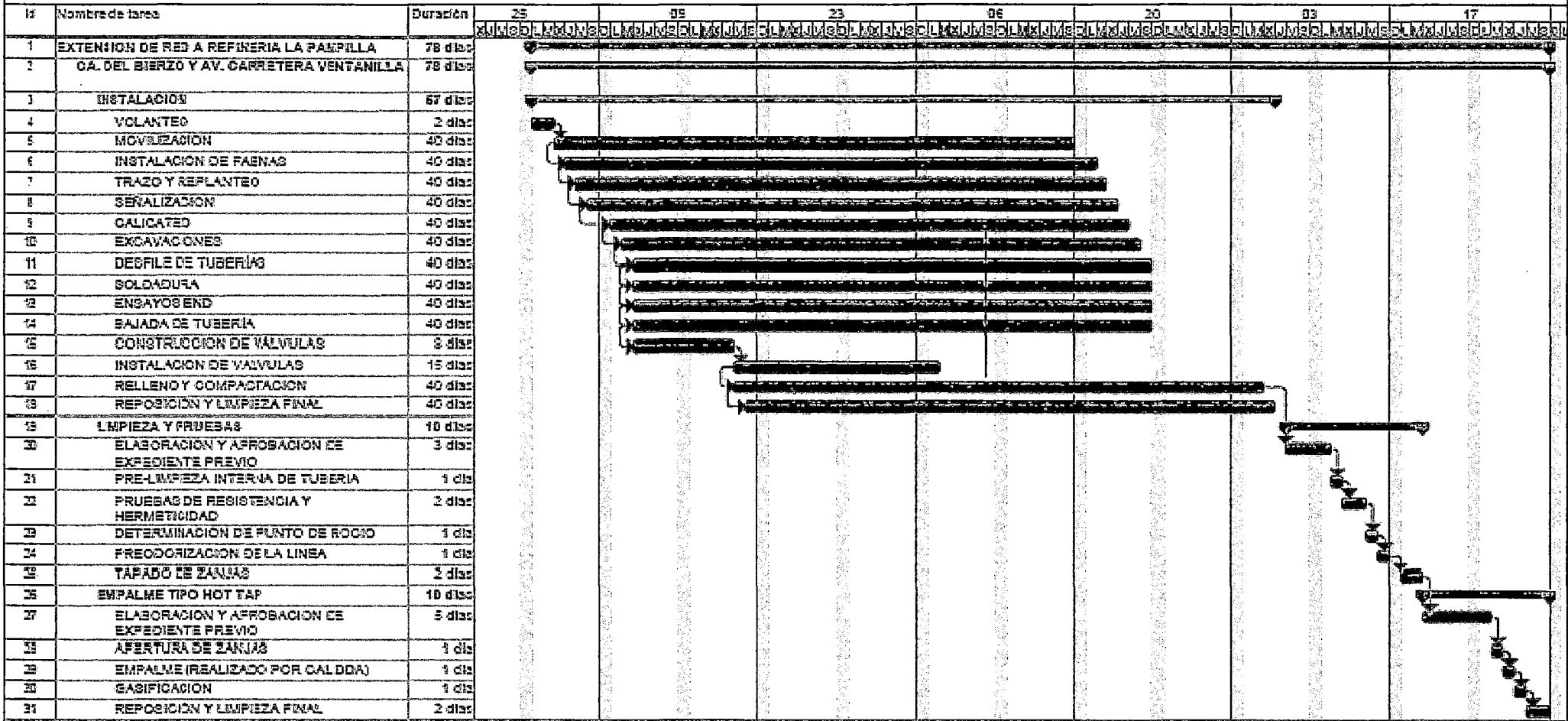


**ANEXO A**  
**MATRIZ DE**  
**CONSISTENCIA**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b><u>Problema principal</u></b></p> <p>¿Cómo desarrollar el Diseño, Instalación y Puesta en Marcha de la Red Externa para lograr el abastecimiento de 18609 mch de Gas Natural a Baja Presión para la Refinería la Pampilla – Lima?</p> <p><b><u>Problemas específicos</u></b></p> <p><b>P1:</b> ¿Cuáles son las especificaciones técnicas de levantamiento topográfico, elaboración de los planos, los procedimientos de calidad y seguridad, cronograma de obra, lista recursos?</p> <p><b>P2:</b> ¿Cuáles son los procedimientos para el tendido de tubería, conforme a la norma ASME B31.8, API 1104 y de Decreto Supremo N° 042-99-EM?</p> <p><b>P3:</b> ¿Cómo transportar el Gas Natural?</p> <p><b>P4:</b> ¿Cómo garantizar el correcto funcionamiento del tendido de tubería?</p>	<p><b><u>Objetivo general</u></b></p> <p>Desarrollar el Diseño, Instalación y Puesta en Marcha de la Red externa mediante un Marco Normativo que permita lograr el abastecimiento de 18609 mch de Gas Natural a Baja Presión para la Refinería la Pampilla – Lima.</p> <p><b><u>Objetivos específicos</u></b></p> <p><b>O1:</b> Elaborar las especificaciones técnicas de levantamiento topográfico, elaboración de los planos, los procedimientos de calidad y seguridad, cronograma de obra, lista recursos.</p> <p><b>O2:</b> Elaborar el procedimiento para el tendido de tubería, conforme a la norma ASME B31.8, API 1104 y de Decreto Supremo N° 042-99-EM.</p> <p><b>O3:</b> Instalar la tubería que transportará el Gas Natural, utilizando el manual de procedimiento de instalación.</p> <p><b>O4:</b> Realizar las pruebas hidráulicas y neumáticas del gaseoducto, puestas en marcha y protocolo de entrega.</p>	<p><b><u>Hipótesis general</u></b></p> <p>Al diseñar, instalar y efectuar la puesta en marcha de la red externa de gas natural se logrará el abastecimiento de 18609 mch a baja presión.</p> <p><b><u>Hipótesis específicas</u></b></p> <p><b>H1:</b> El análisis y la revisión de la ficha técnica asegurarán el correcto cálculo y selección de la tubería según la norma ASME B.31.8.</p> <p><b>H2:</b> La elaboración del procedimiento para el tendido de la tubería, asegurará el correcto tendido de la tubería basado en las normas y manual del procedimiento.</p> <p><b>H3:</b> La instalación de la tubería siguiendo el manual de procedimiento asegurara la aprobación por Cálidda para gasificar la red externa.</p> <p><b>H4:</b> La realización de las pruebas hidráulicas y neumáticas del gaseoducto, puesta en marcha y protocolo de entrega, asegurara la recepción del acta de conformidad de obra por parte del cliente.</p>	<p><b><u>Variable independiente</u></b></p> <p>X: Diseño, instalación y Puesta en Marcha de la Red Externa.</p> <p><b><u>Indicadores</u></b></p> <p><b>X1:</b> El análisis y la revisión de las especificaciones técnicas.</p> <p><b>X2:</b> Elaboración del procedimiento.</p> <p><b>X3:</b> Instalación de la tubería.</p> <p><b>X4:</b> La realización de las pruebas hidráulicas y neumáticas del gaseoducto, puesta en marcha y protocolo de entrega.</p> <p><b><u>Variable Dependiente</u></b></p> <p>Y: Abastecimiento de 18 609 mch de Gas Natural a Baja Presión.</p> <p><b><u>Indicadores</u></b></p> <p><b>Y1:</b> El cálculo y selección de la tubería.</p> <p><b>Y2:</b> Tendido de tubería basado en las normas y manual del procedimiento.</p> <p><b>Y3:</b> Aprobación por Cálidda para gasificar la red externa.</p> <p><b>Y4:</b> Recepción del acta de conformidad de obra por parte del cliente.</p> <p><b><u>Variable interviniente</u></b></p> <p>Z: Refinería la Pampilla</p>	<p><b><u>Tipo de investigación</u></b></p> <p>Aplicada, longitudinal y prospectivo.</p> <p><b><u>Nivel</u></b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b><u>Método</u></b></p> <p>Deductivo o Inductivo</p> <p><b><u>Diseño</u></b></p> <p>No Experimental</p> <p><b><u>Instrumentos</u></b></p> <p>Instrumentos de medición</p> <p>Análisis Documental</p>

**ANEXO B**  
**CONOGRAMA DE**  
**OBRA**

### EXTENSIÓN DE RED A REFINERIA LA PAMPILLA



NORMALES		Tarea inactiva		Informe de resumen manual	
HITO		Hito inactivo		Resumen manual	
RESUMEN		Resumen inactivo		Solo el comienzo	
TAREAS EXTERNAS		Tarea mensual		Solo fin	
RESUMEN DEL PROYECTO		Solo duracion			

# **ANEXO C**

## **TABLA DE ESPESORES Y DIAMETROS DE LA TUBERIA**

**TUBO DE CONDUCCION**  
**LINE PIPE**

<b>RESISTENCIA</b>	psi	30,000	35,000	42,000	46,000	52,000	56,000	63,000	65,000	70,000	83,000	30,000	35,000	42,000	46,000	52,000	56,000	60,000	65,000	70,000	83,000
--------------------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

OD ASTM	OD API	DIMENSIONES				RESISTENCIA A LA PRESION INTERNA (psi)										PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA (psi)														
		PESO	ESP	DI.	TIPO	ESD	GRADO DE ACERO										GRADO DE ACERO													
							A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80	A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80				
6	6.562	26.43	0.562	5.501		120	4,450	5,200	6,240	6,830	7,720	8,810	8,910	9,550	10,390	11,330	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		40.09	0.625	5.375			4,950	5,780	6,930	7,590	8,580	9,250	9,910	10,730	11,560	13,210	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		45.39	0.719	5.187			5,760	6,650	7,980	8,740	9,880	10,640	11,400	12,350	13,290	15,130	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		47.10	0.750	5.125			5,940	6,930	8,320	9,110	10,360	11,090	11,830	12,880	13,870	15,850	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		53.21	0.864	4.897			6,350	7,490	9,090	10,500	11,870	12,780	13,690	14,820	15,980	18,230	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		53.78	0.875	4.875			6,930	8,090	9,710	10,630	12,020	12,940	13,870	15,020	16,180	18,430	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
8	8.562	21.38	0.250	8.125		20	1,520	1,780	2,130	2,330	2,640	2,840	3,040	3,300	3,550	4,030	1,040	1,220	1,830	2,000	2,250	2,430	2,610	2,830	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	
		24.72	0.277	8.071		30	1,580	1,970	2,360	2,590	2,920	3,150	3,370	3,650	3,930	4,500	1,150	1,350	2,020	2,220	2,510	2,700	2,890	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		27.75	0.312	8.001			1,900	2,220	2,660	2,910	3,250	3,550	3,830	4,110	4,430	5,080	1,300	1,520	2,280	2,500	2,820	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		28.58	0.322	7.981	STD	40	1,960	2,290	2,740	3,010	3,400	3,660	3,920	4,250	4,570	5,230	1,340	1,570	2,350	2,580	2,910	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		30.45	0.344	7.937			2,090	2,440	2,930	3,210	3,630	3,910	4,190	4,540	4,890	5,580	1,440	1,680	2,510	2,750	3,070	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		33.07	0.375	7.875			2,280	2,660	3,200	3,500	3,960	4,260	4,570	4,950	5,330	6,030	1,570	1,830	2,740	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		35.64	0.406	7.813		60	2,470	2,880	3,460	3,790	4,280	4,610	4,940	5,350	5,770	6,530	1,690	1,980	2,970	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		38.33	0.438	7.749			2,570	3,110	3,730	4,090	4,620	4,980	5,330	5,780	6,220	7,110	1,830	2,130	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

Grados de Acero A25 y X90, disponibles con previa solicitud.

Grados de Acero para Servicio Amargo hasta XS2 disponibles en todos los diámetros.

Grados de Acero para Servicio Amargo hasta X70 disponibles para diámetros  $\leq$  a 14".

STD FAREO NORMAL (Standard)

XS FAREO DE ALTO ESPESOR (Extra Strong)

XXS FAREO DE GRAN ESPESOR (Cable Extra Strong)

# **ANEXO D**

**AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL  
ENGINEERS ASME B 31.8**

**ASME B 31.8**

# **SISTEMAS DE TUBERÍA PARA TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE GAS**

**CÓDIGO DE ASME PARA TUBERÍA A PRESIÓN, B.31  
UN ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE**

**La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos  
The American Society of Mechanical Engineers- ASME**



## CAPÍTULO II SOLDADURA

### 820 SOLDADURA

#### 821 GENERAL

##### 821.1 Alcance

El presente capítulo encara la soldadura de los tramos de tubería, en materiales de acero tanto forjados como fundidos, y cubre las uniones soldadas a tope y las soldaduras en ángulo en tuberías, válvulas, bridas y accesorios, en ramales de tubería, bridas de deslizar, accesorios de enchufar y soldar, etc., según se aplican a gasoductos y conexiones a los aparatos o equipos. Cuando se proveen válvulas o equipo con los extremos de soldar adecuados para soldarlos directamente en la línea de ducto, el diseño composición, soldadura, y procedimientos de aliviado de tensiones, deben ser tales que no se tenga por resultado ningún daño significativo por la operación de soldadura o de aliviado de tensiones. El presente Capítulo no se aplica a la soldadura de la costura en la fabricación de la tubería.

##### 821.2

La soldadura podrá ser efectuada por cualquier proceso o combinación de procesos que produzcan soldaduras que cumplan con los requerimientos de calificación de procedimiento del presente Código. Las soldaduras podrán ser realizadas por soldadura de posición o soldadura a giratubo, o una combinación de soldadura de posición y de soldadura a giratubo.

##### 821.3

Antes de soldar ningún tubo, los componentes de la tubería, o el equipo correspondiente cubierto por el presente Código, de deberá de haber establecido un procedimiento de soldadura, y se debe de haberlo calificado. Cada soldador u operador de soldadura, debe ser calificado en la aplicación del procedimiento establecido antes de efectuar soldadura alguna en alguna tubería, componentes de tubería o equipo relacionado, instalado en conformidad con este Código.

##### 821.4

Se deberán usar los estándares de aceptabilidad para las soldaduras de sistemas de tubería que operen a 20% o más de la tensión mínima especificada de fluencia, según se establece en API 1104.

##### 821.5

Toda la soldadura efectuada según este Código, deberá ser realizada bajo un estándar referenciado en los párrafos 923.11 ú 823.21, el que resulte aplicable.

##### 821.6

Antes de soldar en o alrededor de una estructura o área que contenga instalaciones de gas, se deberá efectuar una verificación cuidadosa para determinar la posible presencia de una mezcla de gas combustible. La soldadura solamente deberá comenzar cuando se hayan logrado condiciones de seguridad.

##### 821.7 Términos de Soldadura

Las definiciones pertinentes a la soldadura según se usan en el presente Código, se hallan en conformidad con las definiciones estándar establecidas por la American Welding Society (Sociedad Estadounidense de Soldadura) y se hallan contenidas en ANSI / AWS A3.0.

### 822 PREPARACIÓN PARA SOLDADURA

#### 822.1 Soldaduras a Tope

(a) Algunas operaciones de preparación de los extremos a soldar, se muestran en el Apéndice I, Fig. 14.

(b) En el Apéndice I, Figura 15, se muestra las preparaciones de extremos aceptables para soldadura a tope, de tramos que tengan ya sea espesores desiguales, o resistencias a la fluencia diferentes, o ambos.

#### 822.2 Soldaduras en Ángulo

Las dimensiones mínimas para las soldaduras en ángulo usadas en la unión de bridas de deslizar y para las juntas de enchufe y soldadura, se muestran en el Apéndice I, Figura 16. Dimensiones mínimas similares para soldaduras en ángulo usadas en conexiones de ramales, se muestran en el Apéndice I, Figs. 11 y 12.

#### 822.3 Soldaduras de Sello

Las soldaduras de sello las deberán efectuar soldadores calificados. Se permitirá la soldadura de sello de tramos roscados, aunque no se deberá considerar que la soldadura sello contribuye a la resistencia de los tramos.

### 823 CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y DE SOLDADORES

#### 823.1 Requerimientos para los Sistemas de Tubería que Operan a Tensiones de Aro de Menos del 20% de la Tensión Mínima de Fluencia Especificada

823.11 Los soldadores cuyo trabajo se limite a la tubería que opera a niveles de tensión de aro de menos del 20% de la tensión mínima de fluencia especificada, deberá estar

calificados bajo cualquiera de las referencias dadas en el párrafo 823.21, o en conformidad con el Apéndice G.

### **823.2 Requerimientos para los Sistemas de Tubería que Operan a Tensiones de Aro del 20% o Mayores de la Tensión Mínima de Fluencia Especificada**

**823.21** Los procedimientos de soldadura y los soldadores que efectúen el trabajo bajo esta clasificación, deberán estar calificados bajo le Código de Calderos y Recipientes a Presión de ASME, Sección IX, o API 1104.

**823.22** Cuando los soldadores calificados bajo API 1104 trabajen en la tubería de estaciones de compresión, sus calificaciones se deberán haber basado en los requerimientos de pruebas mecánicas destructivas de API 1104.

**823.23 Variables para la Calificación Separada de Soldadores.** Las referencias que se dan en el Párrafo 823.21, contienen secciones tituladas "Variables Esenciales," aplicables a la calificación de soldadores; las mismas que deberán ser seguidas, excepto que para el propósito del presente Código, todo el acero al carbón que tenga un contenido de carbono que no exceda del 0.32% determinado por análisis de calor y un equivalente de carbón ( $C + \frac{1}{4} Mn$ ) que no exceda un 0.65% determinado por análisis de calor, se considera que entran en el grupo de materiales P-No. 1. Los aceros de aleación que tengan características de soldabilidad que se demuestre que son similares a aquellas de los aceros al carbón, podrán ser soldadas, precalentadas, y aliviadas de tensiones, según se prescribe aquí para tales aceros al carbón. Pudieran existir diferencias significativas entre la resistencia del metal de base comprendidos en estos materiales P-No. 1, y aunque no es una variable esencial para la calificación de soldadores, pudiera requerirse calificaciones separadas de procedimientos, en conformidad con el párrafo 823.21.

### **823.3 Requerimientos de Re-calificación de Soldadores**

Se deberán requerir pruebas de re-calificación de soldadores si es que existe alguna razón específica para cuestionar la habilidad de un soldador o si es que el soldador no está familiarizado con un procedimiento de soldadura mediante la práctica en los últimos 6 meses o más. Todos los soldadores deberán ser re-calificados por lo menos una vez cada año.

### **823.4 Registros de Calificación**

Los registros de las pruebas que establecen la calificación de un procedimiento de soldadura deberán ser mantenidos durante todo el tiempo en que el procedimiento se halle en uso. La compañía operadora o contratista, deberá, durante la construcción correspondiente, mantener un registro de los soldadores calificados, mostrando las fechas y los resultados de las pruebas.

## **824 PRECALENTAMIENTO**

### **824.1**

El acero al carbón que tenga un contenido de carbón en exceso de 0.32% (análisis de cucharón), o un equivalente de carbón ( $C + \frac{1}{4} Mn$ ) en exceso de 0.65% (análisis de

cucharón) deberá ser precalentado a la temperatura indicada por el procedimiento de soldadura. También deberá requerirse el precalentamiento para aceros que tengan menor contenido de carbón, o equivalentes de carbón más bajos, cuando el procedimiento de soldadura indica aquella composición química, temperatura ambiente y/o temperatura del metal, espesor del material, o la geometría de los extremos a soldar requieran tal tratamiento para producir soldaduras satisfactorias.

### **824.2**

Cuando se estén soldando materiales no similares, que tengan requerimientos de precalentamiento diferentes, el material que requiere el mayor precalentamiento deberá ser el que mande, es decir el que se use.

### **824.3**

Puede lograrse el precalentamiento por cualquier método adecuado, siempre que sea uniforme y que la temperatura no caiga debajo del mínimo prescrito durante la propia operación de soldadura.

### **824.4**

Se deberá verificar la temperatura de calentamiento, mediante el uso de lápices indicadores de temperatura, pirómetros de termocupla, u otros métodos adecuados para asegurarse que la temperatura de precalentamiento requerida se obtiene antes de la operación de soldadura y se mantiene durante la misma.

## **825 ALIVIADO DE TENSIONES**

### **825.1**

Las soldaduras en aceros al carbón que tengan un contenido en exceso de 0.32% (análisis de cucharón), o un equivalente de carbón ( $C + \frac{1}{4} Mn$ ) en exceso de 0.65% (análisis de cucharón) deberán recibir un aliviado de tensiones, según se prescribe en el Código ASME BPV, Sección VIII. El alivio de presiones podría también ser aconsejable para soldaduras en acero que tengan menor contenido de carbón o carbón equivalente, cuando por condiciones adversas se enfríe la soldadura muy rápidamente.

### **825.2**

Las soldaduras en todos los aceros al carbón, deberán ser aliviadas de tensiones cuando el espesor de pared nominal supere  $1 \frac{1}{4}$  de pulgada.

### **825.3**

Cuando la junta soldada conecte partes que son de diferentes espesores pero de materiales similares, el espesor que se usará al aplicar las reglas de los párrafos 825.1 y 825.2, deberán ser:

(a) la parte más gruesa de las dos que se vayan a unir, medida en la unión de la soldadura

(b) el espesor de la cañería de línea en el caso de conexiones de ramales, bridas de deslizar o accesorios de enchufar y soldar.

#### 825.4

Si alguno de los materiales en soldaduras entre materiales distintos, requiere aliviado de tensiones, toda la junta requerirá aliviado de tensiones.

#### 825.5

Toda la soldadura de conexiones y agregados deberá aliviarse de tensiones cuando se requiere que la tubería esté aliviada de tensiones según las reglas del párrafo 825.3, con las siguientes excepciones:

(a) soldaduras en ángulo o en hendidura que no tengan más de ½ pulgada de tamaño del lado de la soldadura en ángulo que une las conexiones que no sean de un tamaño de cañería superior a NPS 2.

(b) soldaduras en ángulo y de ranura, que no tengan un tamaño mayor a 3/8" en la ranura, que unan miembros de soporte u otros agregados sin presión.

#### 825.6 Temperatura de Aliviado de Tensiones

(a) El aliviado de tensiones deberá ser realizado a una temperatura de 1,100 °F o mayor, para aceros al carbón, y de 1,200 °F o mayores para aceros de aleaciones ferríticas. El rango exacto de temperatura deberá ser indicado en la especificación del procedimiento.

(b) Cuando el aliviado de tensiones se lleve a efecto en una junta entre metales no similares que tengan diferentes requerimientos de aliviado de tensiones, el material que requiere la temperatura mayor de aliviado de tensiones, deberá ser el que gobierne.

(c) Las partes calentadas, deben ser llevadas lentamente a la temperatura requerida, y mantenidas a esa temperatura por un periodo de tiempo proporcional, sobre la base de 1 hora por pulgada de espesor de pared de la tubería, pero en ningún caso por menos de ½ hora, después se deberá permitir que se enfríe lentamente y uniformemente.

#### 825.7 Métodos de Aliviado de Tensiones

(a) Calentar la estructura completa, como una sola unidad.

(b) Calentar una sección completa que contenga la soldadura o soldaduras a las que se debe aliviar de tensiones, antes de unir las o conectarlas a otra sección del trabajo.

(c) Caliente una parte del trabajo, calentando lentamente una faja circunferencial que contenga la soldadura en el centro. El ancho de la faja que se caliente a la temperatura requerida, deberá ser por lo menos 2 pulgadas más ancha que el ancho del refuerzo de la soldadura. Debe tenerse el cuidado de obtener una temperatura uniforme alrededor de la circunferencia entera de la tubería. La temperatura deberá disminuir gradualmente desde los bordes de esta faja, hacia abajo.

(d) Los ramales y otras partes agregadas para las cuales se requiera el aliviado de tensiones, podrán ser aliviadas de tensiones localmente, calentando una faja circunferencial alrededor de la tubería en la cual se suelda el ramal o el agregado, con el agregado en el medio de la faja. El ancho de la faja, deberá ser por lo menos 2 pulgadas mayor que el diámetro de la soldadura que une el ramal o el agregado a la línea principal. Toda la faja entera deberá ser llevada a la

temperatura requerida y mantenido en esa temperatura durante el tiempo especificado.

#### 825.8 Equipo para Aliviado de Tensiones Local

(a) El aliviado de tensiones pudiera ser logrado mediante inducción eléctrica, resistencia eléctrica, quemadores de anillo calentados con combustible, sopletes o antorchas, u otros medios adecuados de calentar, siempre que se logre una temperatura biforme y que se mantenga la misma durante el aliviado de tensiones.

(b) La temperatura de aliviado de tensiones, deberá verificarse mediante el uso de pirómetros de termocupla, u otros equipos adecuados, para asegurarse que se haya logrado culminar el ciclo apropiado de aliviado de tensiones.

#### 826 PRUEBAS E INSPECCIONES DE SOLDADURA

##### 826.1 Inspección de Soldaduras en los Sistemas de Tuberías que Tienen el Propósito de Operar a Menos del 20% de la Tensión Mínima de Fluencia Especificada

La calidad de la soldadura deberá ser verificada visualmente, usando un esquema de muestreo, y las soldaduras defectuosas deberán ser reparadas o removidas (retiradas) de la línea.

##### 826.2 Inspección y Pruebas para Control de Calidad de Soldaduras en Sistemas de Tubería que Tienen el Propósito de Operar a 20% o Más de la Tensión Mínima de Fluencia Especificada

(a) La calidad de la soldadura deberá ser verificada mediante inspección no destructiva. La inspección no destructiva podrá consistir en examen radiográfico, pruebas de partícula magnética, u otros métodos aceptables. Queda prohibido usar el método de trepanación no destructiva.

(b) Los siguientes números mínimos de soldaduras a tope de campo deben ser seleccionadas al azar, por la compañía operadora, de entre las soldaduras realizadas en el día, para exámenes de construcción. Cada soldadura así seleccionada deberá ser examinada en toda su circunferencia o de otra manera las longitudes equivalentes de las soldaduras deberán ser examinadas si es que la empresa operadora escoge examinar solamente una parte de la circunferencia de cada soldadura. Deberán examinarse los mismos porcentajes mínimos para doble terminación en punta de rieles o en playa:

- (1) 10% de soldaduras en Localidades de Clase 1
- (2) 15% de soldaduras en Localidades de Clase 2
- (3) 40% de soldaduras en Localidades de Clase 3
- (4) 75% de soldaduras en Localidades de Clase 4
- (5) 100% de soldaduras en estaciones de compresión, y en cruces de ríos principales o navegables, cruces de carreteras principales, y cruces de ferrovías, si resulta práctico, pero en ningún caso menos del 90%. Todas las soldaduras de conexión que no se sometan a pruebas de presión, deberán ser examinadas.

(c) Todas las soldaduras que sean inspeccionadas deberán cumplir con los estándares de aceptabilidad de API 1104 o deben ser apropiadamente reparadas y reinspeccionadas. Los resultados de la inspección deberán de usarse para controlar la calidad de la soldadura.

## CAPÍTULO IV DISEÑO, INSTALACIÓN Y PRUEBAS

### 840 DISEÑO, INSTALACIÓN Y PRUEBAS

#### 840.1 Disposiciones Generales

(a) Se tiene la intención de que los requerimientos de diseño del presente Código sean adecuados para la seguridad pública bajo todas las condiciones que se encuentran en la industria del gas. Las condiciones que pudieran causar tensiones adicionales en cualquier parte de una línea o de sus accesorios, deberá ser atendida, utilizando para ello buenas prácticas de ingeniería. Entre los ejemplos de tales condiciones se incluyen tramos largos auto- portantes, suelos inestables, vibración mecánica o sónica, peso de agregados especiales, tensiones inducidas por fuerzas sísmicas, tensiones causadas por diferencias de temperatura, y las condiciones de suelo y temperatura que se hallan en el Artículo. Las diferencias de temperatura, deberán ser tomadas como la diferencia entre las temperaturas de metal menor y mayor que se esperen durante la prueba de presión y / o servicios de operación, tomando en cuenta las temperaturas registradas en el pasado y los posibles efectos de temperaturas de suelo o aire mayores o menores.

(b) El factor más significativo que contribuye a la falla de un gasoducto, es el daño causado a la línea por las actividades de la gente a lo largo de la ruta de la línea. El daño, generalmente ocurrirá durante la construcción de otras instalaciones asociadas con la provisión de servicios a las viviendas humanas y las empresas comerciales o industriales. Estos servicios, tales como el agua, instalación de gas, electricidad y sistemas de alcantarillado, líneas de drenaje y zanjas o canales, cables enterrados de electricidad o comunicaciones, calles y caminos, etc., se hacen más prevalentes y más extensos y la posibilidad de daños a los ductos se hace mayor con las concentraciones mayores de edificios destinados a la habitación humana. La determinación de la Clase de Localidad, provee un método para evaluar el grado de exposición de la línea a los daños.

Un gasoducto diseñado, construido y operado en conformidad con los requerimientos de la Clase de Localidad 1, (véase el párrafo 840.2(b) (1)) es básicamente seguro para retener la presión en cualquier localidad; sin embargo, se necesitan adoptar medidas adicionales para proteger la integridad de la línea en presencia de actividades que pudieran causar daño. Una de estas medidas, requerida por el Código, es la de disminuir el nivel de tensiones en relación a las actividades públicas incrementadas. Esta actividad se cuantifica determinando la Clase de Localidad, y relacionando el diseño de los ductos al factor de diseño apropiado.

(c) Las ediciones más tempranas de éste Código usaban el término "índice de densidad de población" para determinar los requerimientos de diseño, construcción, pruebas y operación. También se usaba el término "Clase de Localidad" al prescribir la presión de diseño, tipo de construcción y máxima presión admisible de operación. Para

simplificar el uso del presente Código, el término "índice de densidad de población" se ha eliminado. Se eliminaron los Tipos de Construcción A,B,C y D, y se los reemplazó con la misma terminología usada para la clase de diseño -localidad.

Los requerimientos basados en la Clase de Localidad fueron tales, que no hubo cambios significativos en el diseño, instalación, pruebas y operación de los sistemas de tubería, debido a los cambios de terminología.

Los gasoductos construidos antes de la publicación de la presente edición y diseñados en conformidad con las clases de localidades establecidas en cumplimiento con ediciones previas del presente Código, pueden continuar usando las clases de localidad con ellos determinadas, siempre que cuando ocurran los incrementos observados en el número de edificios destinados a la ocupación humana, la determinación de la Clase de Localidad deberá ser la que se presenta en el párrafo 840.2.

### 840.2 Edificios Destinados a la Ocupación Humana

#### 840.21 General

(a) Para determinar el número de edificios destinados a la ocupación humana, para un gasoducto en tierra, trácese una zona de ¼ de milla de ancho a lo largo de la ruta del ducto, con el ducto en el eje central de esta zona, y divida el gasoducto en secciones aleatorias de 1 milla de longitud de manera que las longitudes individuales vayan a incluir el máximo número de edificios destinados a la ocupación humana. Cuente el número de edificios destinados a la ocupación humana en cada zona de 1 milla. Para este propósito, cada unidad de vivienda separada, en un edificio de vivienda múltiple s se contará como un edificio separado destinado a la ocupación humana.

No se tiene aquí la intención de indicar que un milla completa de tubería de línea de bajo nivel de tensiones tenga que ser instalada si es que no existen barreras físicas u otros factores que limitarán la ulterior expansión del área más densamente poblada a una distancia total de menos de 1 milla. Sin embargo, la intención es que si tales barreras no existieran, deberá darse una simple holgura en la determinación de los límites de diseño por tensiones más bajas, para proveer el probable desarrollo en el área.

(b) Cuando un grupo de edificios destinados a la ocupación humana indica que una milla básica de gasoducto debería ser identificada como una Clase de Localidad 2 o Clase de Localidad 3, la Localidad Clase 2 o Localidad Clase 3. Pueden terminar a 600 pies del edificio más cercano del grupo o núcleo de edificios.

(c) Para los gasoductos más cortos a una milla en longitud, se deberá asignar una Clase de Localidad que sea típica de la Clase de Localidad que se requeriría para 1 milla que atravesase el área.

#### 840.22 Clases de Localidad para Diseño y Construcción

(a) *Localidad Clase 1.* Una Localidad Clase 1, es cualquier sección de 1 milla de longitud que tiene 10 o menos

edificios destinados a la ocupación humana. Se tiene la intención de que una Localidad Clase 1, refleje áreas tales como las tierras estériles, desiertos, montañas, tierra de pastoreo, tierras agrícolas, y áreas escasamente pobladas.

(1) *Clase 1, División 1.* Esta División es una Clase de Localidad 1 donde el factor de diseño de la tubería es mayor a 0.72, aunque igual o menor a 0.80, y el ducto ha sido probado hidrostáticamente a 1.25 veces la máxima presión de operación. (Véanse en la Tabla 841.114B las excepciones al factor de diseño).

(2) *Clase 1, División 2.* Esta división es una Localidad de Clase 1 donde el factor de diseño de la tubería es igual o menor a 0.72, y el ducto ha sido probado a 1.1 veces la máxima presión admisible de operación. (Véanse en la Tabla 841.114B las excepciones al factor de diseño).

(b) *Localidad Clase 2.* Una Localidad Clase 2, es cualquier sección de 1 milla que tiene más de 10 pero menos de 46 edificios destinados a la ocupación humana. Con una Localidad de Clase 2 se tiene la intención de reflejar áreas donde el grado de población es intermedio entre la Localidad de Clase 1 y la Localidad de Clase 3, tales como las zonas periféricas de las ciudades y pueblos, zonas industriales, ranchos o quintas campestres, etc.

(c) *Localidad Clase 3.* Una Localidad de Clase 3 es cualquier sección de 1 milla que tiene 46 o más edificios destinados a la ocupación humana, excepto cuando prevalece una Localidad de Clase 4. Se tiene la intención de que una Localidad Clase 3 refleje áreas tales como los desarrollos de viviendas suburbanas, centros de compras, áreas residenciales, áreas industriales y otras áreas pobladas que no cumplen con los requerimientos de una Localidad de Clase 4.

(d) *Localidad Clase 4.* Una Localidad Clase 4 incluye áreas donde prevalecen los edificios de varios pisos, donde el tráfico es pesado o denso, y donde pudiera haber numerosas otras construcciones o servicios subterráneos. Ve varios pisos quiere decir cuatro o más pisos por encima del suelo, incluyendo el primer piso o planta baja. La profundidad o número de los sótanos o subsuelos no se toma en cuenta.

### 840.3 Consideraciones Necesarias para las Concentraciones de Gente en Localidades de Clase 1 o Clase 2

(a) Además de los criterios contenidos en el párrafo 840.2, deberá darse consideración adicional a las posibles consecuencias de una falla cerca de áreas donde hay probablemente concentraciones de gente, tales como iglesias, escuelas o colegios, edificios multifamiliares, hospitales o zonas recreativas, de un carecer organizado en Localidades de Clase 1 o Clase 2.

Si las instalaciones se usan con poca frecuencia, no necesitan aplicarse los requerimientos del sub-párrafo (b).

(b) Las líneas de ductos cercanas a sitios de reunión pública o concentraciones de gente, tales como iglesias, escuelas, edificios multifamiliares, o zonas recreativas de tipo organizado en Localidades de Clases 1 o 2, deberán cumplir con los requerimientos de una Localidad de Clase 3.

(c) Las concentraciones de gente a las que se refieren los sub-párrafos (a) y (b) de líneas arriba, no se tiene la intención que sean menores a 20 personas por vez, o por localidad, aunque si tiene la intención de cubrir gente en una zona exterior así como en el interior de un edificio.

### 840.4 Propósito

840.41 Debería enfatizarse que las Clases de Localidades (1, 2, 3, ó 4) según se las describe en los anteriores párrafos, de definen con una descripción general en un área geográfica que tiene determinadas características, como una base para prescribir los tipos de diseño, construcción y métodos de prueba a ser usados en aquellas localidades o en áreas que sean comparables. Una Localidad de Clase numerada, tal como una Localidad Clase 1, solamente se refiere a la geografía de tal ubicación, o un área similar y no indica necesariamente que un factor de 0.72 será suficiente para toda la construcción en dicha localidad en particular o área (por Ej., en las Localidades Clase 1, todos los cruces aéreos requieren un factor de diseño de 0.6; véase el párrafo 841.122).

840.42 Cando se esté clasificando localidades para determinar el factor de diseño para la construcción de gasoductos y las pruebas que debieran de prescribirse, se deberá dar consideración a la posibilidad de futuros desarrollos del área. Si a tiempo de planificar una nueva línea de ducto este futuro desarrollo parece probable que sea suficiente para cambiar la Clase de Localidad, esto se deberá tomar en consideración en el diseño y pruebas del ducto propuesto.

## 841 TUBERÍA DE ACERO

### 841.1 Requerimientos de Diseño de un Sistema de Tuberías de Acero

#### 841.11 Fórmula del Diseño de Tubería de Acero

(a) La presión de diseño para los sistemas de tuberías de gas o el espesor nominal de pared para una presión de diseño dada, se deberá determinar mediante la siguiente fórmula) para ver las limitaciones de la misma, véase el párrafo 841.111):

$$P = \frac{2St}{D} FET$$

donde

D = diámetro nominal exterior de la tubería, pulgadas  
F = factor de junta longitudinal obtenido de la Tabla 841.115A (véase también el párrafo 817.13(d)). Al fijar los valores del factor de diseño F, se ha dado la debida consideración y se han dejado holguras para las distintas tolerancias por espesores deficientes que se dan en las especificaciones de tubería listada s y aprobadas para uso en este Código.

P = presión de diseño psig (véase también el párrafo 841.111)

S = tensión mínima de fluencia especificada, psi, estipulada en la especificación bajo la cual se compró la tubería del fabricante, o determinada en conformidad con los párrafos 817.13(b) y 841.112. La tensión mínima de falencia especificada de algunos de los aceros más comúnmente usados, cuyas especificaciones se hallan incorporadas aquí por referencia, se hallan tabuladas en el Apéndice D, para conveniencia del usuario.

T = factor de disminución de temperatura, obtenido de la Tabla 841.116A.

t = espesor nominal de pared, pulgadas

(b) El factor de diseño para las líneas de ductos en Localidades Clase 1, División 1, se basa en la experiencia

operativa de los gasoductos a niveles de operación que exceden aquellos de las recomendaciones anteriores del presente Código.

Cabe hacer notar, que el usuario podría verse requerido a cambiar la indicada tubería o reducir la presión a un máximo de 0.72 de SMYS, en conformidad con el párrafo 854.2.

(c) *Control de Fractura y Detención.* Un criterio de Dureza a la Fractura u otro método debe ser especificado para controlar la propagación de fracturas cuando se diseña una línea de ductos, para que opere ya sea a una tensión de aro de más del 40% hasta el 80% de la tensión mínima de fluencia especificada, en tamaños de NPS 16 o mayores, o a una tensión de aro por encima del 72% hasta el 80% de la SMYS en tamaños menores a NPS 16.

Cuando se usa un criterio de dureza de fractura, puede lograrse el control asegurándose que la tubería tenga una ductilidad adecuada o instalando detenedores de fisuras en la línea, para detener la propagación.

(1) *Control de Fractura Frágil.* Para asegurarse que la tubería tenga una ductilidad adecuada, las pruebas de dureza a la fractura deberán ser efectuadas en conformidad con los procedimientos de prueba de los requerimientos complementarios SR5 o SR6 de API 5L, u otras alternativas equivalentes. Si la temperatura de operación se halla por debajo de los 32 °F, se deberá usar una temperatura de prueba menor apropiada. La temperatura de prueba menor apropiada para la dureza de ranura, deberá ser tomada como si fuera la temperatura mínima más baja esperada para el metal durante las pruebas de presión (si se las hace con aire o gas) y durante el servicio, tomando en cuenta la información de las temperaturas registradas en el pasado y el posible efecto de temperaturas menores del aire o el suelo. El valor promedio de corte de la apariencia de fractura de la muestra de prueba de cada partida de tubería (cada hornada) no deberá ser menor al 35%, y el promedio de todas las hornadas no deberá ser menor al 50% del corte cuando se efectúa la prueba de la ranura en V de Charpy, sobre la base de especímenes Charpy de tamaño pleno, si es que así se especifica, ó por lo menos el 80% de todas las hornadas deberá exhibir una apariencia de fractura de 40% o más cuando se especifica la prueba de rasgadura por caída de peso.

(2) *Detención de Fracturas Dúctiles.* Para asegurarse que la línea del ductos tiene una dureza adecuada para detener una fractura dúctil, la tubería deberá ser probada en conformidad con los procedimientos de los requerimientos complementarios SR5 de API 5L. El promedio de todas las hornadas, de los valores de energía Charpy, deberá cumplir o exceder el valor de energía calculada usando una de las siguientes ecuaciones que se han desarrollado en varios programas de investigación de líneas de ductos.

(a) *Laboratorios Battelle Columbus (BCL) (AGA)*

$$CVN = 0.0108\sigma^2 t^{1/3} R^{1/3}$$

(b) *American Iron and Steel Institute (ANSI)*

$$CVN = 0.0345 \sigma^{3/2} R^{1/2}$$

(c) *British Gas Council (BGC)*

$$CVN = 0.0315 \sigma R/t^{1/2}$$

(d) *British Steel Corporation (BSC)*

$$CVN = 0.00119 \sigma^2 R$$

donde

CVN = energía absorbida en prueba de ranura V de Charpy de tamaño pleno, libras-pie

R = radio de la tubería, pulgadas

t = espesor de pared, pulgadas

$\sigma$  = tensión de aro, ksi

(3) *Detenedores Mecánicos de Grietas.* Los detenedores mecánicos de grietas, consisten en las camisas, envoltura con cable de acero, tubería con espesor de pared grueso u otros tipos adecuados con los que se ha comprobado que se puede detener las fracturas dúctiles. Los detenedores mecánicos de grietas deberán colocarse a intervalos a lo largo de la línea del ducto.

**PRECAUCIÓN:** El requerimiento especificado en (2) líneas arriba, asume que el ducto está transportando esencialmente metano puro, y la tubería es similar en su comportamiento ante la fractura a aquel que se usa para desarrollar las ecuaciones empíricas que se dan arriba. La presencia de hidrocarburos más pesados puede causar que el gas muestre un comportamiento de dos fases ante la descompresión súbita, y por lo tanto requiere una mayor energía Charpy para detener la propagación de la fractura. La tubería que haya sido laminada bajo control o enfriada y templada, pudiera no comportarse como indican las ecuaciones y pudiera también requerir una mayor energía Charpy para detener la fractura en propagación. Deben realizarse los cálculos para determinar si la descompresión muestra un comportamiento de dos fases, y debe hacerse una evaluación en cuanto a la aplicabilidad de las ecuaciones de detención, donde pudiera requerirse un mayor grado de dureza. De otra manera, se deberían instalar detenedores mecánicos de grietas (véase (3), arriba) o también podrán verificarse los requerimientos de dureza Charpy para detener las fracturas, a través de experimentos y cálculos adicionales.

**841.111 Limitaciones a la Presión de Diseño P, en el párrafo 841.11.** La presión de diseño obtenida por la fórmula en el párrafo 841.11 se deberá reducir para que esté en conformidad con lo siguiente:

(a) P para tubería soldada a tope en horno, no deberá exceder las restricciones del párrafo 841.11 o el 60% de la presión de prueba en fábrica, la que sea menor.

(b) P no debe exceder el 85% de la presión de prueba de fábrica para toda la demás tubería provista; sin embargo, tal tubería probada en fábrica a una presión menor al 85% de la presión requerida para producir una tensión igual a la mínima de fluencia especificada, podría probarse de nuevo, con una prueba hidrostática de tipo fábrica o fundición, o probada en sitio después de la instalación. En la eventualidad de que la tubería se pruebe de nuevo a una presión en exceso de la presión de prueba de fábrica, P no deberá entonces exceder el 85% de la presión de la nueva prueba en lugar de la presión inicial de la prueba de fábrica. Es obligatorio usar un líquido como el medio de prueba, en todas las pruebas en sitio después de la instalación, donde la presión de prueba exceda la presión de prueba de fábrica. Este párrafo no debe utilizarse como respaldo para permitir una presión de operación o presión de diseño que exceda la provista por el párrafo 841.11.

**841.112 Limitaciones a la Tensión Mínima de Fluencia Especificada S, en el párrafo 841.11**

(a) Si la tubería en consideración no es tubería nueva comprada bajo una especificación aprobada y que se halle en las listas del presente Código, el valor de S pudiera ser determinado en conformidad con una de las siguientes:

(1) El valor de S para tubería nueva, calificado bajo los párrafos 811.221 ú 811.222.

(2) El valor de S para re- utilización de tubería de acero, calificado bajo una de las disposiciones del párrafo 817.1.

(3) El valor de S para tubería de especificación desconocida, según se determina por el párrafo 817.13(h).

(b) Cuando la tubería que ha sido trabajada en frío para cumplir con la tensión mínima de fluencia especificada es posteriormente calentada a una temperatura mayor a los 900 °F por cualquier período de tiempo, o a más de 600 °F por más de 1 hora, la máxima presión admisible a la cual podrá usarse no deberá exceder el 75% del valor obtenido mediante el uso de la fórmula para diseño de tubería de acero dada en el párrafo 841.11.

(c) En ningún caso, donde el Código se refiera al valor mínimo especificado de una propiedad mecánica, se deberá sustituir el valor real mayor de una propiedad en la fórmula de diseño de tubería de acero dada en el párrafo 841.11. Si el valor real es menor que el valor mínimo especificado de una propiedad mecánica, podrá usarse el valor real, donde lo permita el presente Código, tal como en el caso del párrafo 817.1, con referencia a la re- utilización de tubería de acero.

**841.113 Requerimientos Adicionales para el Espesor Nominal de Pared t en el Párrafo 841.11**

(a) El mínimo espesor de pared T requerido para la retención de presión, según se determina en el párrafo 841.11, pudiera no resultar adecuado para otras fuerzas a las cuales pudiera hallarse sometido el ducto. (Véase el párrafo 840.1(a)). También debe tomarse en consideración la carga debida al transporte o manipulación de la tubería durante la construcción, el peso del agua durante las pruebas, y la carga de tierra (tubo enterrado) y otras cargas secundarias durante la operación. Deberán también considerarse los requerimientos de soldadura o unión mecánica. El espesor de pared estándar, según prescribe ASME B36.10M deberá ser por lo menos el espesor nominal de pared usado para la tubería roscada y ranurada.

(b) El transporte, la instalación o reparación de la tubería, no deberá reducir el espesor de pared en ningún punto a un espesor menor al 90% del espesor nominal de pared según se determina en el párrafo 841.11 para la presión de diseño a la cual se someterá la tubería.

**841.114 Factores de Diseño F y la Clase de Localidades**

Los factores de diseño en las Tabla 841.114A, deberán usarse para la Clase de Localidad designada. Todas las excepciones a los factores de diseño a ser usadas en la fórmula de diseño, se dan en la Tabla 841.114A.

**TABLA 841.114A  
FACTOR BÁSICO DE DISEÑO, F**

Clase de Localidad	Factor de Diseño, F
Localidad Clase 1, División 1	0.80
Localidad Clase 1, División 2	0.72
Localidad Clase 2	0.60
Localidad Clase 3	0.50
Localidad Clase 4	0.40

**841.115** El factor de junta longitudinal deberá estar en conformidad con la tabla 841.115A.

**841.116** El factor de disminución de temperatura deberá estar en conformidad con la Tabla 841.116A.

**841.12 Información o Instrucciones Adicionales de Diseño**

**841.121 Conjuntos Fabricados.** Cuando se tengan conjuntos fabricados, tales como las conexiones para separadores, conjuntos de válvulas para la línea principal, conexiones de cruce, cruces de ríos, cabezales, etc., que se tengan que instalar en áreas definidas como Localidad Clase 1, se requiere usar un factor de diseño de 0.6 en todo el conjunto y por una distancia igual a al menor entre 5 diámetros o 10 pies en cada dirección, pasado el último accesorio. Pudiera usarse distancias más cortas, siempre que se consideren las tensiones combinadas en el diseño de la instalación. Las piezas de transición al final de un conjunto y los codos usado en lugar de curvas de tubería, no se consideran como accesorios bajo los requerimientos de este párrafo. Véase también el párrafo 822.

**841.122 Líneas de Ductos o Líneas Principales sobre Puentes.** El factor de diseño para ductos o líneas principales soportadas sobre puentes de ferrocarril, vehiculares, peatonales o especiales para ductos, deberá ser determinado en conformidad con la Clase de Localidad prescrita para el área donde esté ubicado el puente. Sin embargo, en Localidad de Clase 1, se deberá usar un factor de diseño de 0.6.

**841.13 Protección de Ductos y Líneas Principales de los Peligros**

(a) Cuando los ductos y las líneas principales deben instalarse en sitios en que se hallarán sometidos a peligros naturales, tales como derrumbe o arrastre, inundaciones, suelos inestables, deslizamientos de tierra, eventos relacionados con accidentes sísmicos (tales como fallas superficiales, licuefacción de suelos, y características de suelos y pendientes inestables) u otras condiciones que pudiera causar movimientos importantes, o cargas anormales sobre el ductado, deberán tomarse precauciones razonables para proteger la línea del ducto, tales como incrementar el espesor de pared, construcción de muros de contención, prevenir la erosión e instalación de anclajes.

(b) Donde los ductos y líneas principales cruzan áreas que normalmente se halla bajo agua o sujetas a inundación (por Ej., lagos, bahías o pantanos), se deberá aplicar suficiente peso o anclajes a la línea para evitar su flotación.

(c) Debido a que los cruces submarinos pudieran estar sujetos a arrastre o derrumbe debido al peligro natural de los cambios en el lecho de la vía de agua, velocidades del agua, profundización del canal, o cambio de la ubicación del canal en la hidrovia, se deberán tomar en cuenta en el diseño para proteger el ducto o línea principal en tales cruces. El cruce deberá construirse en la ubicación de la orilla y lecho más estables. La profundidad de la línea, la ubicación de las curvas instaladas en las riberas, el espesor de pared de la tubería, y el hundido del la tubería con pesos, se deberán seleccionar sobre la base de las características de la hidrovia.

(d) En los lugares en que el ducto y la línea principal estén expuestas, tales como los viaductos, soportes de caballetes y cruces por puente, el ducto y la línea principal, deberán ser razonablemente protegidos del daño accidental

por tráfico vehicular u otras causas, mediante la distancia o con el uso de barricadas.

**841.14 Requerimientos de Cobertura, Holgura y Encamisado para Ductos de Acero y Líneas Principales Enterradas**

**841.141 Requerimientos de Cobertura para Líneas Principales.** Las líneas principales enterradas deberán estar enterradas con una cobertura no menor a las 24 pulgadas (0.61 m). En los lugares en que no se pueda cumplir esta disposición de cobertura, o donde las cargas externas resulten excesivas, la línea principal deberá ser encamisada, o pasada a través de un puente o diseñada para soportar cualquiera de estas cargas externas anticipadas. En los lugares en que la agricultura u otras operaciones pudieran tener como resultado el arado profundo en zonas sujetas a erosión, o en ubicaciones donde es posible que se haga nivelación en el futuro, tales como caminos, carreteras, ferrovías, y cruces de zanjas o canales, se deberá proveer protección adicional.

**841.142 Requerimiento de Cobertura para Ductos.** Excepto por los ductos de costa fuera, los ductos enterrados se deberán enterrar con una cobertura no menor a la que se muestra en la siguiente tabla:

Cobertura en Pulgadas			
		Para Excavación en Roca (Nota 1)	
	Para Excavación	Tamaño de Tubo NPS 20 y Menores	Tamaño de Tubo Mayor a NPS 20
Localidad	Normal		
Clase 1	24	12	18
Clase 2	30	18	18
Clases 3 y 4	30	24	24
Zanja de Drenaje en Cruces de Caminos y Ferrovías	36	24	24

NOTA

(1): La excavación en roca, es excavación que requiere voladura con explosivos.

Cuando estas disposiciones de cobertura no puede cumplirse o donde las cargas externas pudieran ser excesivas, el ducto deberá ser encamisado, o pasado a través de un puente o diseñado para soportar cualquiera de estas cargas externas anticipadas. En las áreas en que la agricultura u otras operaciones pudieran tener como resultado el arado profundo en zonas sujetas a erosión, o en ubicaciones donde es posible que se haga nivelación en el futuro, tales como caminos, carreteras, ferrovías, y cruces de zanjas o canales, se deberá proveer protección adicional.

**TABLA 841.114B  
FACTORES DE DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN CON TUBERÍA DE ACERO**

Instalación	Clase de Localidad				
	1		2	3	4
	Div. 1	Div. 2			
Ductos, líneas principales y líneas de servicio (véase párrafo 840.2(b))	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
Cruces de caminos, ferrovías, sin encamisado:					
(a) Caminos privados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Caminos públicos no mejorados	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovías	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Cruces de caminos, ferrovías, con encamisado:					
(a) Caminos privados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Caminos públicos no mejorados	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovías	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
Invasión paralela de ductos y líneas principales en caminos y ferrovías::					
(a) Caminos privados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Caminos públicos no mejorados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovías	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Conjuntos fabricados (véase párrafo 841.121)	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Líneas de ductos en puentes (véase párrafo 841.122)	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Tubería de estación de compresión	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40
Cerca a concentraciones de gente, en Localidades Clase 1 y 2 (párr. 840.31(b))	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40



**841.143 Holgura Entre Ductos o Líneas principales y otras Estructuras Subterráneas**

(a) Deberá haber una distancia de holgura de por lo menos 6 pulgadas (15 cm), donde sea posible, entre cualquier ducto enterrado y cualquier otra estructura enterrada que no se use en conjunto con la línea principal. Cuando no puede alcanzarse esta holgura, se deberán tomar precauciones para proteger la línea principal, tales como la instalación de material aislador o un encamisado.

**841.144 Requerimientos de Encamisado Bajo Ferrovías, Carreteras, Caminos o Calles.** El encamisado deberá diseñarse para resistir las cargas impuestas. Cuando exista la posibilidad de que el agua ingrese a la camisa, los extremos de la misma se deberán sellar. Si el sellado de extremos es del tipo que vaya a retener la máxima presión admisible de operación de la tubería portadora, el encamisado deberá estar diseñado para esta presión y por lo menos con un factor de diseño de 0.72. La colocación de venteo para encamisados sellados no es obligatoria, sin embargo, si es que se instalan, los mismos deberán protegerse del mal clima para evitar el ingreso de agua a la camisa. (Los requerimientos para el cruce de ductos dentro de un encamisado en ferrovías y carreteras se muestran en la Tabla 841.114B).

**841.15** Los factores de diseño se muestran en la Tabla 841.114B.

**841.2 Instalación de Ductos y Líneas principales de Acero**

**841.21 Especificaciones de Construcción.** Todo el trabajo de construcción efectuado en los sistemas de tubería en conformidad con los requerimientos de este Código, se deberá efectuar dentro de especificaciones de construcción. Las especificaciones de construcción deberán cubrir todas las fases del trabajo y deben hacerlo en suficiente detalle como para cubrir los requerimientos del presente Código.

**841.22 Disposiciones de Inspección**

**841.221** La compañía operadora deberá proveer un servicio de inspección adecuada. Los inspectores deberán estar calificados, ya sea a través de la experiencia o la capacitación. El inspector deberá contar con la autoridad de poder ordenar la reparación o remoción y reemplazo de cualquier componente que se halle que falla al no poder cumplir con los estándares de este Código.

**TABLA 841.115A  
FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL, E**

Especif. No.	Clase de Tubería	Factor E
ASTM A 53	Sin costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldada a Tope en Horno: Soldadura continua	0.60
ASTM A 106	Sin costura	1.00
ASTM A 134	Soldadura por Electro Fusión con Arco	0.80
ASTM A 135	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
ASTM A 139	Soldado por Electro Fusión	0.80
ASTM A 211	Tubería de Acero Soldada en Espiral	0.80
ASTM A 333	Sin costura	1.00
	Soldada por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldadura por Arco Doble Sumergido	1.00
ASTM A 671	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A 672	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
API 5L	Sin costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldado por Electro Fulguración	1.00
	Soldado por Arco Sumergido	1.00
	Soldado a Tope en Horno	0.60

NOTA GENERAL: Las definiciones de las diferentes clases de tubería soldada se dan en el párrafo 804.243.

**TABLA 841.116A  
FACTOR DE DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA, T, PARA TUBERÍA DE ACERO**

Temperatura, °F	Factor de Disminución de Temperatura, T
250 o menos	1.000
300	0.967
350	0.933
400	0.900
450	0.867

NOTA GENERAL: Para temperaturas intermedias, se debe interpolar el factor de disminución.

**841.222** Las disposiciones para la inspección de instalaciones para gasoductos y otras instalaciones que deban operar a tensiones de aro de 20% o más de la tensión mínima de fluencia especificada, deberán ser adecuadas para hacer posibles por lo menos las siguientes inspecciones, a intervalos suficientemente frecuentes como para asegurar la buena calidad de la mano de obra y el trabajo.

(a) Inspeccionar la superficie de la tubería para ver si hay defectos superficiales, justamente antes de la operación de pintado o revestimiento. (Véase el párrafo 841.242(a)).

(b) Inspeccionar la superficie del revestimiento o pintado de la tubería a medida que se baja la tubería dentro de la zanja para descubrir los arañazos o raspones que indiquen que la tubería pudiera haber sido dañada después de habérsela revestido.

(c) Inspeccionar el ajuste de las juntas, antes de que se efectúe la soldadura.

(d) Inspeccionar visualmente las soldaduras a un solo cordón, antes de que se apliquen los subsiguientes cordones.

(e) Inspeccionar las soldaduras completadas, antes de que se las cubra con revestimiento.

(f) Inspeccionar la condición del fondo de la zanja justamente antes de que se baje la tubería, excepto en los ductos costa fuera.

(g) Inspeccionar el ajuste de la tubería a la zanja antes del relleno, excepto en los ductos de costa fuera.

(h) Inspeccionar todas las reparaciones, reemplazos, o cambios ordenados antes de que sean cubiertos.

(i) Efectuar las pruebas especiales e inspecciones que son requeridas por las especificaciones, tales como las pruebas no destructivas de soldaduras y pruebas eléctricas del revestimiento protector.

(j) Inspeccionar el material de relleno ante de su uso y observar el procedimiento de rellenado para asegurarse que no se produce ningún daño al revestimiento durante el proceso de relleno.

**841.23 Curvas, Codos y Biseles en Ductos y Líneas Principales de Acero.** Los cambios de dirección pueden hacerse por el uso de curvas, codos, o ingletes, bajo las limitaciones indicadas debajo.

**841.231**

(a) Una curva deberá estar libre de combas, grietas, u otra evidencia de daños mecánicos.

(b) El máximo gado de doblado en una curva fría de campo podrá determinarse por cualquiera de los métodos del la tabla que se da debajo. La primera columna muestra la máxima deflexión en una longitud de caro igual al diámetro nominal externo, y la segunda columna expresa el radio mínimo como una función del diámetro nominal externo.

Tamaño Nominal de la Tubería	Deflexión del Eje Longitudinal, grados	Radio Mínimo de Doblado en Diámetros de Tubería
Menor a 12	841.231(d)	18 D
12	3.2	18 D
14	2.7	21 D
16	2.4	24 D
18	2.1	27 D
20 y mayor	1.9	30 D

(c) Una curva fría de campo puede hacerse con un radio mínimo más corto que el permitido en (b), de líneas arriba, siempre que la curva completada cumpla con todos los otros requerimientos de esta sección, y el espesor de pared después de la dobladura no es menor al mínimo permitido por el párrafo 841.11. Esto puede demostrarse a través de pruebas apropiadas para dicho fin.

(d) Para tuberías menores al NPS 12, los requerimientos de (a) de arriba, se deben cumplir, y el espesor de pared después de la dobladura, no debe ser menor al mínimo permitido por el párrafo 841.11. Esto podrá demostrarse mediante pruebas apropiadas.

(e) Excepto por los ductos costa afuera, cuando se tiene una soldadura circunferencial realizada en una sección en curva o doblado, deberá ser objeto de examen radiográfico después de la dobladura.

(f) Las curvas en caliente realizadas en tubería trabajada en frío o tratada con calor, deberán ser diseñadas para bajos niveles de tensión, en conformidad con el párrafo 841.112(b).

(g) Las dobladuras con arrugas, deberán permitirse solamente en sistemas que operen a menos del 30% de la tensión mínima de fluencia especificada. Cuando se efectúen dobladuras arrugadas en tubería soldada, la soldadura longitudinal deberá estar ubicada lo más próximo que se

pueda a los 90 grados con la parte superior de la arruga, según l o permitan las condiciones. Lasa dobladuras arrugadas con pliegues agudos no deberán ser permitidas, Las arrugas deberán tener un espaciamiento no menor a una distancia igual al diámetro de la tubería medido a lo largo de la bifurcación, En tubos NPS o mayores, la arruga no deberá producir un ángulo mayor a 1 ½ grados por arruga.

**841.232** Loas dobladuras o curvas con inglete, se permite siempre que se cumplan las siguientes limitaciones:

(a) En sistemas que deban trabajar a un 40% o más de la mínima tensión de fluencia especificada, no se permiten las curvas en inglete. Las deflexiones causadas por el mal alineamiento de hasta 3 grados, no se consideran como ingletes.

(b) En sistemas destinados a trabajar a 10% o más, aunque menos de 40% de la mínima tensión de fluencia especificada, el ángulo de deflexión en cada inglete, no debe ser mayor a 12 ½ grados.

(c) En sistemas destinados a operar a menos del 10% de la mínima tensión de fluencia especificada, el ángulo total en cada inglete no deberá exceder los 90 grados.

(d) En sistemas destinados a operar a un 10% o más de la mínima tensión de fluencia especificada, la mínima distancia medida entre ingletes en la bifurcación deberá ser de un diámetro de la tubería.

(e) Se deberá tener cuidado al efectuar juntas de ingletes, de proveer espacio apropiado, alineamiento y plena penetración.

**841.233** Los codos de acero forjado de soldar, construidos en fábrica, o segmentos transversales cortados de ese material, podrán usarse para cambio de dirección, siempre que la longitud de arco medida a lo largo de la bifurcación sea por lo menos de 1 pulgada, en tuberías de tamaño NPS 2 y mayores.

**841.24 Requerimientos de la Superficie de la Tubería Aplicables a Ductos y Líneas Principales Para Operar a Tensión de Aro del 20% o Más del la Mínima Tensión de Fluencia Especificada.** Las abolladuras, hendiduras, melladuras, ranuras, que se hayan encontrado como causas importantes de fallas de ductos, y todos los defectos perjudiciales de esta naturaleza, deben ser prevenidos, evitados, eliminados o reparados. Se deberán tomar precauciones durante la fabricación, transporte e instalación, para evitar el abollado o rayado de la tubería.

**841.241 Detección de Melladuras y Rayaduras.**

(a) La inspección de campo provista en cada obra, deberá ser adecuada para reducir hasta un mínimo aceptable las posibilidades de tener tubería mellada o rayada en el ducto o línea principal acabada. Parra esto se requiere la inspección justamente antes de realizar el revestimiento y durante las operaciones de bajada de tubo y rellenado de zanja.

(b) Cuando el tubo esté recubierto, la inspección debe realizarse para determinar si la máquina revestidora no produce melladuras o rayaduras perjudiciales.

(c) Los arañazos del revestimiento protector deberán ser examinados cuidadosamente antes de su reparación para determinar si es que la superficie de la tubería ha sido dañada,

**841.242 Reparación en Campo de Melladuras y Rayaduras.** Las melladuras y rayas perjudiciales, deberán ser removidas o eliminadas.

(b) Las melladuras o rayas, pueden ser eliminadas por amolado, llegando a un contorno suave, siempre que el espesor de pared resultante no sea menor al mínimo prescrito por el presente Código para las condiciones de uso. (Véase el párrafo 841.113(b)),

(c) Cuando las condiciones descritas en el párrafo 841.242(b) no puedan cumplirse, la porción dañada de la cañería se deberá cortar como un cilindro y reemplazar con una pieza en buen estado. Se prohíbe el parchado con inserciones.

#### **841.243 Abolladuras**

(a) Puede identificarse una abolladura como una depresión que produce una perturbación mayor en la curvatura de la pared de la tubería (en contraposición con un araño o melladura, que reducen el espesor de la pared). La profundidad de una abolladura deberá ser medida como el espacio entre el punto más bajo de la abolladura y una prolongación del contorno original de la tubería, en cualquier dirección.

(b) Una abolladura, según se la define en el párrafo 841.243(a), que contenga un concentrador de tensiones, como por ejemplo un araño, melladura, ranura, o quemadura de arco, deberá ser retirada mediante corte de la porción dañada de la tubería, quitándola como un cilindro.

(c) Todas las abolladuras que afecten la curvatura de la tubería en la soldadura longitudinal o cualquier soldadura circunferencial, deberá ser retirada. Todas las abolladuras que excedan una profundidad de  $\frac{1}{4}$  de pulgada en tubería NPS 12 y menores, o el 2% del diámetro nominal en toda la tubería mayor a NPS 12, no se deberá permitir en ductos ni líneas principales que estén destinadas a operar a 40% o más de la mínima tensión de fluencia especificada. Cuando se eliminen las abolladuras, la porción dañada de la tubería debe ser cortada como un cilindro. Se prohíbe la reparación mediante el parchado con inserciones y el golpeado de las abolladuras.

#### **841.244 Hendiduras**

(a) Las hendiduras en la superficie de la tubería pueden ser causadas por daño mecánico durante la fabricación, transporte, manipulación o instalación; cuando se determina que han sido causadas mecánicamente, deben ser tratadas de la misma manera que las melladuras y rayaduras en el párrafo 841.241.

(b) Las concentraciones de tensiones, pudieran ser causadas por una hendidura geométrica o no, aunque también pudieran crearse por un proceso que comprenda la energía térmica con la cual la superficie del tubo es calentada suficientemente como para cambiar sus propiedades mecánicas o metalúrgicas. Estas imperfecciones se denominan "hendiduras metalúrgicas." Entre los ejemplos se incluyen las quemaduras de arco producidas por el contacto accidental de un electrodo de soldar o una quemadura de amolado, producida por fuerza excesiva sobre una rueda o disco de amolar. Las hendiduras metalúrgicas, pueden dar por resultado concentraciones de tensiones aún más severas que las de una hendidura mecánica y deben ser evitadas o eliminadas en todos los ductos destinados a operar a 20% o más de la mínima tensión de fluencia especificada.

**541.245 Eliminación de Quemaduras de Arco.** Las hendiduras metalúrgicas causadas por quemaduras de arco, deberán ser eliminadas mediante amolado, previendo que el amolado no reduzca el espesor remanente a menos del mínimo prescrito por este Código para las condiciones de

uso.<sup>5</sup> En todos los demás casos, se prohíbe la reparación, y la porción de tubo que contiene la quemadura de arco, debe ser cortada como un cilindro y reemplazada con una pieza en buen estado. Se prohíbe el parchado mediante inserciones. Debe tenerse cuidado de que el calor de la operación de amolado no vaya a crear una hendidura metalúrgica.

### **841.25 Operaciones Misceláneas Comprendidas en la Instalación de Ductos y Líneas Principales de Acero**

**841.251 Manipulación, Transporte y Tendido.** Deberá tenerse cuidado en la selección del equipo para la manipulación y en el manejo, transporte, descarga, y colocación de la tubería de manera que no se causen daños a la tubería.

**841.252 Instalación de la Tubería en la Zanja.** En ductos que operen a tensiones del 20% o más de la mínima tensión de fluencia especificada, es importante que las tensiones o esfuerzos impuestos sobre el ducto por la construcción, sean minimizados. Excepto por los ductos costa fuera, la tubería deberá ajustarse a la zanja, sin necesidad del uso de fuerza externa para sostenerla en su lugar hasta que se complete el relleno. Cuando se bajan a la zanja secciones largas de tubería que han sido soldadas al costado a lo largo de la zanja, de debe tener cuidado de no dar tirones a la tubería o imponerle cualquier esfuerzo que pudiera retorcer o producir una dobladura permanente en el tubo. No se prohíbe el tendido ondulado para compensar la dilatación y contracción, no se prohíben en este párrafo, si las condiciones de tendido hacen su aplicación recomendable.

#### **841.253 Rellenado**

(a) El rellanado deberá efectuarse de una manera que provea soporte firme debajo de la tubería.

(b) Si es que hay piedras grandes en el material a usar para el relleno, se debe tener cuidado para evitar el daño al revestimiento, mediante el uso de medios tales como una lámina de escudo contra rocas, o realizando en relleno inicial con material libre de piedras en suficiente cantidad como para evitar daños.

(c) En los lugares en los que se inunda la zanja para consolidar el material de relleno, se debe tener cuidado de que la tubería no flote fuera de su firme apoyo en el fondo de la zanja.

**841.26 Salidas a Presión (Hot Taps).** Las salidas a presión deben ser instaladas por grupos o equipos entrenados y experimentados.

#### **841.27 Precauciones Para Evitar Explosiones de Mezclas de gas y Aire o Incendios Descontrolados Durante las Operaciones de Construcción**

**841.271** Las operaciones tales como la soldadura con gas o eléctrica y el cortado con cortadores de soplete o antorcha, pueden efectuarse bajo seguridad en los ductos, líneas principales y equipo auxiliar, siempre que se hallen

<sup>5</sup> La remoción completa de la hendidura metalúrgica creada por una quemadura de arco, puede determinarse como sigue: Después de remover la evidencia visible de la quemadura de arco mediante amolado, límpiase el área amolada con una solución al 20% de persulfato de amonio. Una mancha negra, será evidencia de que se ha formado una hendidura metalúrgica, indicando que se necesita amolado adicional.

lentos de gas o de aire que esté libre de material combustible. Se deberán dar pasos en el sentido de prevenir que se forme una mezcla de gas y aire en todos los puntos donde tales operaciones se estén realizando.

**841.272** Cuando un ducto o línea principal puedan mantenerse llenos de gas mientras se efectúan las operaciones de soldadura o corte, se recomiendan los siguientes procedimientos:

- (a) Mantenga un ligero flujo de gas moviéndose hacia el punto donde se estén haciendo el cortado o soldado.
- (b) Controle la presión del gas en el mismo sitio del trabajo, mediante un medio adecuado.
- (c) Después de que se ha hecho un corte, ciérranse inmediatamente todas las ranuras o extremos abiertos con cinta adhesiva, lona ajustada firmemente u otros materiales adecuados.
- (d) No se debe permitir que dos aberturas se mantengan sin cubrir al mismo tiempo. Esto es aún más importante si las aberturas están a diferentes elevaciones.

**841.273** Las acciones de corte, soldadura u otras operaciones que pudieran ser una fuente de ignición, no se deberán efectuar en un ducto, línea principal o aparatos auxiliares que contengan aire, si es que están conectado a una fuente de gas, a menos que se haya provisto un medio adecuado para evitar la formación de una mezcla explosiva en el áreas de trabajo.

**841.274** En situaciones en que la soldadura o el cortado deben hacerse en instalaciones que estén llenas con aire y conectadas a una fuente de gas, y no se pueden tomar las precauciones recomendadas líneas arriba, se sugiere aplicar una o más de las siguientes precauciones, dependiendo de las circunstancias del sitio de trabajo:

- (a) purgar el tubo o el equipo sobre el cual se efectuará el cortado o soldadura, desplazándolo con un gas inerte o la purga continua con aire de tal manera que no se forme una mezcla combustible en las instalaciones, en la zona de trabajo.
- (b) prueba de la atmósfera en la vecindad de la zona a ser calentada, antes de que se comience el trabajo y a intervalos a medida que el trabajo avance, con un indicador de gas combustible, o por otro medio adecuado.
- (c) verificación cuidadosa, antes y durante el trabajo, asegurándose que las válvulas que aíslan el trabajo de las fuentes de gas, no tengan fugas.

#### **841.275 Purgado de Ductos y Líneas Principales**

(a) Donde se vaya a poner en servicio un ducto o línea principal, el aire que contiene debe ser desplazado. Los siguientes son algunos de los métodos aceptables:

(1) Introduzca un flujo moderadamente rápido y continuo de gas por un extremo de la línea y ventee el aire en el otro extremo. El flujo de gas deberá continuar fluyendo sin interrupción hasta que el gas venteado esté libre de aire.

(2) Si el venteo se halla en una zona donde el venteo de gas a la atmósfera se constituiría en una condición peligrosa, se deberá introducir un émbolo o masa de gas inerte entre el aire y el gas. El flujo de gas deberá entonces continuarse sin interrupción hasta que el aire y el gas inerte se hayan removido de la instalación. Los gases venteados deberán monitorearse y el venteo deberá cerrarse antes de que alguna

cantidad importante de gas combustible se libere hacia la atmósfera.

(b) En los casos en que el gas dentro de un ducto o línea principal vaya a ser desplazado con aire y el caudal de aire que se alimenta a la línea sea muy reducido para efectuar un proceso similar aunque inverso al descrito en (a) de líneas arriba, sea factible, se deberá introducir un émbolo o masa de gas inerte para prevenir la formación de una mezcla explosiva en la interfaz entre el gas y el aire. Pueden usarse para este propósito, el nitrógeno o el bióxido de carbono.

(c) Si un ducto o línea principal que contenga gas va a retirarse o removerse, la operación puede ser efectuada en conformidad con el párrafo 841.272, o la línea puede primero desconectarse de todas las fuentes de gas y luego purgada cuidadosamente con aire, agua o gasa inerte antes de que se realice cualquier ulterior cortado o soldado.

(d) Si un ducto de gas, líneas principal o equipo auxiliar va a llenarse con aire después de haber estado en servicio y existe una razonable posibilidad de que las superficies interiores de la instalación estén mojadas con líquido inflamable volátil, o si tales líquidos pudieran haberse acumulado en los lugares bajos, deberán usarse métodos de purgado diseñados para atender esta situación. Se recomienda circular vapor hasta que todos los líquidos combustibles se hayan evaporado y desplazado. Una recomendación alternativa es la de llenar la instalación con un gas inerte y mantenerla llena de tal gas durante el avance de cualquier trabajo que pudiera producir ignición de una mezcla explosiva en las instalaciones. No debe dejarse de tomar en cuenta la posibilidad de encontrarse con chispas estáticas dentro de la instalación, como una posible fuente de ignición.

**841.276** En las situaciones en que la ignición accidental en aire abierto de una mezcla de gas y aire pudiera constituir un riesgo de causar lesiones personales o daños a la propiedad, se deberán tomar precauciones, tales como:

- (a) Prohibir fumar y encender llamas abiertas en la zona.
- (b) Instalar una conexión metálica alrededor de la localidad de los cortes en tubería de gas que se vayan a realizar por otros medios fuera de las antorchas cortadoras.
- (c) Tomar precauciones para prevenir chispas de electricidad estática.
- (d) Proveer un extintor de incendios del tamaño adecuado, en conformidad con ANSI / NFPA 10.

### **841.3 Pruebas Después de la Construcción**

**841.31 Disposiciones Generales.** Todos los sistemas de tubería debieran ser probados después de la construcción, de acuerdo a los requerimientos del presente Código, excepto por los conjuntos fabricados, secciones que se conecten y hayan sido probadas de antemano, y conexiones de unión.

Las soldaduras circunferenciales de las conexiones de unión soldadas, que no se hayan probado a presión después de la construcción, deberán ser inspeccionadas mediante métodos radiográficos ú otros métodos no destructivos aceptados, en conformidad con el párrafo 826.2.

Las conexiones de unión no soldadas que no se hay probado a presión después de la construcción, deberán ser probadas para ver si tienen fugas, a una presión no menor a la presión disponible cuando la unión conectada se ponga en servicio.

**841.32 Prueba Requerida Para Probar la Resistencia de los Ductos y Líneas Principales Para Operar a Tensiones de Aro de 30% o Más de la Mínima Tensión de Fluencia Especificada de la Tubería**

**841.321** Todos los ductos y líneas principales a ser operadas a una tensión de aro de 30% o más de la mínima tensión de fluencia especificada de la tubería, deberán ser sometidas a una prueba de resistencia por lo menos durante 2 horas para comprobar la resistencia después de la construcción y antes de que sea puesta en operación.

**841.322 Clases de Localidad 1-4**

(a) Los ductos ubicados en localidades Clase 1, División, deberán probarse hidrostáticamente a 1.25 veces la presión de diseño si es que la máxima presión de operación es mayor al 72% de la SMYS. (Véase el párrafo 841.36).

(b) Los ductos ubicados en Localidades Clase 1, División 2, deberán ser probados, ya sea con aire o con gas a 1.1 veces la máxima presión de operación, o hidrostáticamente a por lo menos 1.1 veces la máxima presión de operación, si es que la máxima presión de operación es 72% de SMYS o menor. (Véase el párrafo 841.36).

(c) Los ductos y líneas principales el Localidad Clase 2 deberán probarse ya sea con aire a 1.25 veces la máxima presión de operación o hidrostáticamente a por lo menos 1-25 veces la máxima presión de operación. (Véase el párrafo 841.36).

(d) Los ductos y líneas principales en Localidades de Clases 3 y 4 deberán ser probadas hidrostáticamente a una presión no menor a 1.4 veces la máxima presión de operación. Este requerimiento no se aplica si a tiempo de que el ducto o línea principal se encuentre primero listo para prueba, una o ambas de las siguientes condiciones existen:

(1) La temperatura del suelo a la profundidad de la tubería es 32 °F o menos, o pudiera caer a aquella temperatura antes de que se pueda completar la prueba hidrostática, ó

(2) No se tiene disponibilidad de agua de calidad satisfactoria en cantidad suficiente.

En tales casos, deberá hacerse una prueba con aire a 1.1 veces la máxima presión de operación, siendo que no se aplican las limitaciones de presión impuestas por la Tabla 841.322(f).

(e) Los requerimientos de prueba dados en los párrafos 841.322(a), (b), (c) y (d) se resumen en la Tabla 841.322(f). (Véase también el párrafo 816).

(f) Al seleccionar el nivel de pruebas, el diseñador o la compañía operadora deberá estar al tanto de las disposiciones del párrafo 854 y la relación entre la presión de prueba y la presión de operación cuando el ducto experimenta un incremento en el futuro en el número de edificaciones destinadas a la ocupación humana.

**841.323** No obstante lo que dicen otras disposiciones del presente Código, los cruces de ductos y líneas principales en caminos y ferrovías, pueden ser probadas en cada caso de la misma manera y a la misma presión que el ducto a cada lado del cruce.

**841.324** No obstante lo que dicen otras disposiciones del presente Código, los conjuntos fabricados, incluyendo los conjuntos de válvulas de línea principal, conexiones de cruce, o en cruz, cabezales para cruce de ríos, etc., instalados en ductos de Localidades Clase 1 y diseñados en conformidad con el factor de diseño de 0.60 según se

requiere en el párrafo 841.0121, podrá ser probado según se requiere para Localidades Clase 1.

**841.325** No obstante las limitaciones de prueba de aire impuestas en el párrafo 841.322(d), podrá utilizarse pruebas con aire en Localidades de Clases 3 y 4, siempre que se apliquen todas las siguientes condiciones:

(a) La máxima tensión de aro durante la prueba es menor al 50% de la mínima tensión de fluencia especificada en Localidades Clase 3, y menos de 40% de la mínima tensión de fluencia especificada en Localidades Clase 4.

(b) La máxima presión a la cual operará el ducto o la línea principal, no excede el 80% de la máxima presión de prueba de campo utilizada.

(c) La tubería del caso es tubería nueva que tiene un factor de unión longitudinal, E, en la Tabla 841.115A de 1.00.

**841.326** Registros. La compañía operadora deberá mantener en su archivo durante la vida útil de cada ducto y línea principal, registros que muestren los procedimientos utilizados y la información desarrollada al establecer la máxima presión admisible de operación.

**841.33 Pruebas Requeridas para Probar la Resistencia de Ductos y Líneas Principales Que Operen a Menos del 30% de la Mínima Tensión de Fluencia Especificada de la Tubería, Aunque en Exceso de 100 psi.** La tubería de acero que vaya a operarse a tensiones menores al 30% de la mínima tensión de fluencia especificada, en Localidades de Clase 1, deberán ser por lo menos probadas en conformidad con el párrafo 841.34. En Localidades Clases 2, 3 y 4, tal tubería deberá ser probada en conformidad con la Tabla 841.322(f), excepto que podrán usarse gas o aire como el medio de prueba, dentro de los límites máximos establecidos en la Tabla 841.33.

**841.34 Pruebas de Fugas para Ductos o Líneas Principales Que Operen a 100 psi o Más**

**841.341** Cada ducto y cada línea principal deberán ser probados después de la construcción y antes de ponerlos en operación, para demostrar que no presentan fugas. Si es que la prueba indica que existe una fuga, la fuga o fugas, las mismas deberán ser ubicadas y eliminadas, a menos que pueda determinarse que no existe un peligro indebido para la seguridad pública.

**841.342** El procedimiento de prueba utilizado deberá ser capaz de descubrir todas las fugas en la sección que se esté probando y deberá ser seleccionado después de haber considerado debidamente el contenido volumétrico de la sección y su ubicación. Esto requiere la aplicación del buen juicio, responsable y experimentado, más que de una precisión numérica.

**841.343** En todos los casos en que una línea va a ser sometida a tensiones en una prueba de resistencia a 20% o más de la mínima tensión de fluencia especificada de la tubería, y el medio de prueba es gas o aire, deberá efectuarse una prueba de fugas a una presión en el rango desde las 100 psi hasta aquella requerida para producir una tensión de aro de 20% de la mínima tensión de fluencia especificada, de otra manera se deberá recorrer la línea a pie mientras la tensión de aro se mantiene aproximadamente a 20% de la mínima tensión de fluencia especificada.

**TABLA 841.322(f)**  
**REQUERIMIENTOS DE PRUEBA PARA DUCTOS Y LÍNEAS PRINCIPALES QUE OPEREN A TENSIONES DE ARO DE 30% O MAS, DE LA MÍNIMA TENSION DE FLUENCIA ESPECIFICADA DE LA TUBERÍA**

1	2	3	4	5
Clase de Localidad	Fluido de Prueba Permitido	Presión Total Prescrita		Máxima Presión Admisible de Operación, La Menor entre
		Mínima	Máxima	
1	Agua	1.25 x m.p.o.	Ninguna	p.p. / 1.25
División 1				
1	Agua	1.1 x m.p.o.	Ninguna	p.p. / 1.1
División 2	Aire	1.1 x m.p.o.	1.1 x p.d.	ó p.d.
	Gas	1.1 x m.p.o.	1.1 x p.d.	
2	Agua	1.25 x m.p.o.	Ninguna	p.p. / 1.25
	Aire	1.25 x m.p.o.	1.25 x p.d.	ó p.d.
3 y 4	Agua	1.25 x m.p.o.	Ninguna, ó p.d.	p.p. / 1.40
(Nota (1))				ó p.d.

p.d. = presión de diseño  
m.p.o. = máxima presión de operación (no es necesariamente la máxima presión admisible de operación)  
p.p. = presión de prueba

NOTA GENERAL: Esta Tabla define la relación entre los procedimientos de prueba y las máximas presiones admisibles de operación, posteriores a la prueba. Si es que una compañía operadora decide que la máxima presión de operación será menor que la presión de diseño, podrá hacerse una correspondiente reducción en la presión de prueba prescrita, según se indica en la columna de Presión Total Prescrita, Mínima. Sin embargo, si se utiliza esta presión de prueba reducida, no se podrá subir más tarde la máxima presión de operación al nivel de la presión de diseño sin efectuar una nueva prueba de la línea a la presión de prueba prescrita en la columna de Presión Total Prescrita, Máxima. Véase los párrafos 805.214 y 845.214.

**TABLA 841.33**  
**MÁXIMA TENSION DE ARO PERMISIBLE DURANTE LA PRUEBA**

Vehículo de la Prueba	Clase de Localidad		
	% de la Mínima Tensión de Fluencia Especificada		
	2	3	4
Aire	75	50	40
Gas	30	30	30

**841.35 Pruebas de Fugas para Ductos y Líneas Principales Que Operan a Menos de 100 psi**

**841.351** Cada ducto, línea principal y equipos conexos, que vayan a operar a menos de 100 psi, deberán de probarse después de la construcción y antes de que se los ponga en operación, para demostrar que no tienen fugas.

**841.352** Puede usarse gas como el medio o vehículo para efectuar la prueba a la máxima presión disponible en el sistema de distribución a tiempo de efectuar la prueba. En este caso, puede usarse la prueba de las burbujas de jabón para localizar las fugas si es que todas las juntas o uniones están accesibles durante la prueba.

**841.353** Las pruebas realizadas a las presiones disponibles en los sistemas de distribución según indica el párrafo 841.352, pudieran no ser las adecuadas si es que se usan revestimientos protectores sustanciales, los que pudieran sellar una costura abierta de la tubería. Si es que se utilizan

tales revestimientos, la presión de la prueba de fugas, deberá ser de 100 psi.

**841.36 Seguridad Durante las Pruebas.** Todas las pruebas de ductos y líneas principales después de la construcción, deberán hacerse tomando debida cuenta de la seguridad de de los empleados y el público durante la prueba. Cuando se usa aire o gas, se deberán tomar las medidas adecuadas para mantener a las personas que no estén trabajando en las operaciones de la prueba, fuera de la zona de la prueba cuando la tensión de aro se sube inicialmente desde el 50% de la mínima tensión de fluencia especificada, hasta la máxima tensión de prueba, y hasta que la presión se reduzca a la máxima presión de operación.

**841.4 Puesta en Servicio de las Instalaciones (Commissioning)**

**841.41 General.** Se deberán establecer procedimientos por escrito para poner en marcha una instalación. Los procedimientos deberán considerar las características del gas a ser transportado, la necesidad de aislar el ducto de todas las demás instalaciones conectadas, y la transferencia del gasoducto construido a aquellos que vayan a ser los responsables de su operación.

Los procedimientos de puesta en marcha, dispositivos y fluidos se deberán seleccionar para asegurarse que nada se introduzca en el sistema de ductos que vaya a ser incompatible con el gas a ser transportado, o con los materiales en los componentes del ducto.

**Procedimientos de Limpieza y Secado.** Se deberá considerar la necesidad de efectuar la limpieza y secado de la

tubería y sus componentes, más allá de la simple remoción del vehículo o medio de la prueba.

**841.43 Prueba Funcional de Equipo y Sistemas.** Como una parte de la puesta en marcha de las instalaciones, todo monitor del gasoducto y de la estación de compresión así como todos los equipos de control y sistemas, deberán hallarse plenamente probados, especialmente incluyendo los sistemas de seguridad tales como los seguros de traba de las trampas de chanchos, sistemas de monitoreo de presión y de flujo, y sistemas de paro de emergencia de gasoducto. Debe también considerarse en hacer una prueba final de las válvulas del gasoducto antes de que se introduzca el gas, para asegurarse que cada válvula esté operando correctamente.

**841.44 Procedimientos de Arranque e Introducción del Gas transportado.** Se deberán preparar procedimientos de arranque escritos, antes de introducir el gas transportado dentro del sistema, y se deberá requerir lo siguiente:

- (a) que el sistema esté mecánicamente completo y sea funcional
- (b) que todas las pruebas funcionales se hayan efectuado y aceptado
- (c) que todos los sistemas de seguridad sean operativos
- (d) que los procedimientos de operación están disponibles
- (e) que se hayan establecido los sistemas de comunicaciones
- (f) que se haga la transferencia del sistema de ductos completo a los responsables de su operación.

**841.45 Documentación y Registros.** Los siguientes registros de puesta en marcha se deberán mantener como registros permanentes:

- (a) procedimientos de limpiezas y secado
- (b) resultados de la limpieza y secado
- (c) registros de las pruebas de funcionamiento del monitoreo del gasoducto
- (d) sistemas del equipo de control
- (e) lista de verificación de pre- arranque, completada

## 842 OTROS MATERIALES

### 842.2 Requerimientos de los Sistemas de Ductos de Hierro Dúctil

#### 842.21 Diseño de Tubería de Hierro Dúctil

**842.211 Determinación del Espesor de Pared Requerido.** La tubería de hierro dúctil deberá estar diseñada en conformidad con los métodos establecidos en ANSI/ AWWA C150 / A21.50.

**842.212 Valores Permisibles de  $s$  y  $f$ .** Los valores de la tensión de aro de diseño,  $s$  y la tensión de momentos flectores  $f$  en la parte de abajo de la cañería, a ser usados en las ecuaciones dadas en ANSI/ AWWA C150 / A21.50, son:

$$s = 16,800 \text{ psi}$$
$$f = 36,000 \text{ psi}$$

**842.213 Resistencia del Hierro Dúctil Estándar y Conformidad con ANSI A21.5.2.** La tubería de hierro dúctil deberá ser de grado (60-42- 10) y deberá estar en conformidad con todos los requerimientos de ANSI A21.5.2. El hierro dúctil de Grado (60-42 -10) tiene las siguientes propiedades mecánicas:

Mínima resistencia a la tracción	60,000 psi
Mínima tensión de fluencia	42,000 psi
Mínima elongación	10%

**842.214 Espesor Admisible para Tubería de Hierro Dúctil.** Los menores espesores de tubería de hierro dúctil permitidos son los de clase estándar más liviana para cada tamaño nominal de tubería, como se muestra en ANSI A21.542. Los espesores de pared estándar para una presión máxima de trabajo de 250 psi y condiciones de tendido estándar, a diferentes profundidades de cobertura (enterradas) se muestran en la Tabla 842.214.

#### 842.215 Tramos de Tubería de Hierro Dúctil

(a) *Uniones Mecánicas.* La tubería de hierro dúctil con uniones mecánicas, deberá estar en conformidad con los requerimientos de ANSI A21.5.2 y ANSI/AWWA C111/A21.11. Las juntas o uniones mecánicas deberán de armarse en conformidad con las "Notas Sobre la Instalación de Juntas Mecánicas" de ANSI/AWWA C111/A21.11.

(b) *Otras Uniones.* La tubería de hierro dúctil, podrá proveerse con otros tipos de uniones, previendo que las mismas se hallen calificadas y cumplan con las disposiciones apropiadas del presente Código. Tales uniones deberán ser armadas en conformidad con los estándares aplicables o de acuerdo con las recomendaciones escritas del fabricante.

(c) *Uniones Roscadas.* No se recomienda el uso de uniones roscadas para acoplar tramos de tubería de hierro dúctil.

#### 842.22 Instalación de Tubería de Hierro Dúctil

**842.221 Tendido.** La tubería de hierro dúctil, deberá tenderse de acuerdo con las condiciones de campo aplicables descritas en ANSI/AWWA C150/A21.50.

**842.222** La tubería de hierro dúctil enterrada, deberá instalarse con una mínima cobertura de 24 pulgadas (0.61 m), a menos que lo eviten otras estructuras subterráneas. En los sitios en que no pueda proveerse suficiente cobertura para proteger la tubería de las cargas externas o daños y la tubería no esté diseñada para soportar tales cargas externas, la tubería deberá estar protegida por una camisa o llevada a través de un puente para protegerla.

**842.223 Restricción de Uniones.** Se deberá proveer sujeciones o sostenes y apoyos adecuados en los puntos donde la línea principal se desvía de una línea recta y el empuje, si es que no se lo restringe, separaría las uniones o juntas.

**842.224 Unido de Juntas de Hierro Dúctil en Campo.** Las uniones de tubería de hierro dúctil deberán estar en conformidad con el párrafo 842.215 y deberán armarse de acuerdo con estándares reconocidos de American National Standards (Estándares Nacionales de los Estados Unidos) o de acuerdo con las recomendaciones dadas por escrito por el fabricante.

**TABLA 842.214**  
**TABLA DE SELECCIÓN DE ESPESORES ESTÁNDAR PARA TUBERÍA DE ACERO DÚCTIL**

Tamaño Nominal de Tubería	Condición de Tendido	Espesor de pared, pulgadas							
		Espesor de cobertura, pies							
		2 1/2	3 ½	5	8	12	16	20	24
3	A	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	B	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
4	A	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
	B	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
6	A	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
	B	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
8	A	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	B	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
10	A	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.38	0.38
	B	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.38	0.38
12	A	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.40	0.43
	B	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.40	0.40
14	A	0.36	0.36	0.36	0.36	0.39	0.42	0.45	0.45
	B	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.42	0.42	0.45
16	A	0.37	0.37	0.37	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49
	B	0.37	0.37	0.37	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49
18	A	0.38	0.38	0.38	0.38	0.41	0.47	0.50	0.53
	B	0.38	0.38	0.38	0.38	0.41	0.44	0.47	0.53
20	A	0.39	0.39	0.39	0.39	0.45	0.48	0.54	...
	B	0.39	0.39	0.39	0.39	0.42	0.48	0.51	...
24	A	0.44	0.41	0.41	0.44	0.50	0.56	...	...
	B	0.31	0.41	0.41	0.41	0.47	0.53	...	...

**NOTAS GENERALES:**

- (a) Esta Tabla está tomada de ANSI A21.52.
- (b) Condición de Tendido A: zanja de fondo plano sin bloque, relleno sin compactar.
- (c) Condición de Tendido B: zanja de fondo plano sin bloque, relleno compactado.
- (d) Los espesores de esta Tabla, son iguales o en exceso a aquellos requeridos para resistir una presión de trabajo de 250 psi.
- (e) Todos los espesores mostrados en esta Tabla para las profundidades de cobertura indicadas, son adecuadas para cargas de zanja incluyendo la sobrecarga de tráfico de camiones.
- (f) Pueden verse las bases de diseño, en ANSI/AWWA C150/A21.50.
- (g) Las conexiones roscadas para salidas de servicio y agujeros para mediciones y muestreo, podrían requerir consideraciones especiales al seleccionar el espesor de la tubería; véase el Apéndice de ANSI A21.53.

**842.23 Pruebas de las Uniones de Campo de Hierro Dúctil.** Las juntas de la tubería de hierro dúctil, deberán ser probadas para detectar fugas, en conformidad con los párrafos 841.34 y 841.35.

**842.3 Diseño de Tubería de Plástico**

*Disposiciones Generales.* Los requerimientos de diseño de esta sección tienen el propósito de de limitar el uso de tubería de plástico, principalmente a líneas principales y líneas de

servicio, en sistemas típicos de distribución que operen a una presión de 100 psi o menores. Para otras aplicaciones en Localidades de Clase 1 o 2, la tubería de plástico pudiera usarse dentro de las limitaciones prescritas en el presente Código.

**842.31 Formula de Diseño de Tubería de Plástico y de Tubería Delgada (Tubing).** La presión de diseño sistemas de tubería de plástico para servicio con gas o el espesor nominal de pared parar una presión de diseño dada, (sujeta a



las limitaciones del párrafo 842.32) deberá ser determinada por la siguiente fórmula:

$$P = 25 \frac{t}{(D - t)} \times 0.32$$

donde

D = diámetro exterior especificado, pulgadas

P = presión de diseño, psig

S = para tubería y tubería delgada termoplástica, resistencia hidrostática a largo plazo determinada en conformidad con la especificación de lista a una temperatura igual a 73 °F, 100 °F, 120 °F, ó 140 °F. Para tubería de plástico de termofraguado reforzada, se debe usar 11,000 psi.

t = espesor de pared especificada, pulgadas

NOTA. La resistencia hidrostática a largo plazo a 73 °F para los materiales plásticos cuyas especificaciones están incorporadas al presente Código por referencia, se dan en el Apéndice D.

#### 842.32 Limitaciones al Diseño Termoplástico

(a) La presión de diseño no deberá exceder 100 psig.

(b) La tubería termoplástica, tubería delgada, y accesorios no se deben usar cuando las temperaturas de operación de los materiales vayan a ser

(1) menores a -20 °F, o

(2) mayores a la temperatura a la cual se determina la resistencia hidrostática a largo plazo usada en la fórmula de diseño en el párrafo 842.3, excepto que en ningún caso la temperatura deberá exceder los 140 °F.

(c) El valor de t para la tubería termoplástica no deberá ser menor que el valor mostrado en la Tabla 842.32©.

(d) el valor de t para la tubería delgada (tubing) no deberá ser menor a 0.062 pulgadas.

(e) Para conexiones de servicio de tipo caballete o montura, realizadas mediante técnicas de fusión por calor, pudiera ser necesario para algunos materiales que se deben usar a altas presiones de operación, requerir un espesor de pared más pesado o grueso que el definido por la fórmula de diseño, para tamaños de 2 pulgadas y menores. Deberá contactarse con los fabricantes del material específico de tubería, para pedirles recomendaciones, o se deberá usar un procedimiento calificado.

#### 842.33 Limitaciones de Diseño de Plástico de Termofraguado Reforzado

(a) El valor de P para las líneas principales y líneas de servicio de plástico de termofraguado reforzado, en los sistemas de distribución y en todas las clases de localidades y para otras aplicaciones en Localidades de Clase 3 y 4, no deberán exceder las 100 psig.

(b) La tubería y accesorios de plástico de termofraguado reforzado, no se deben usar donde las temperaturas de operación vayan a ser menores a -20 °F o por encima de 150 °F.

(c) El valor de t para la tubería de plástico de termofraguado reforzado no debe ser menor al que se muestra en la Tabla 842.33©.

**842.34 Presión de Diseño de Accesorios de Plástico.** La máxima presión especificada para los accesorios, debe tener el mismo valor que la máxima presión de diseño del

correspondiente tamaño de tubería y espesor de pared que se indican en los estándares de referencia para los accesorios y según se determina en los párrafos 842.31 y 842.32. Se deberá pedir el consejo del fabricante sobre las máximas presiones especificadas para los accesorios que no estén cubiertos por estándares de referencia.

#### 842.35 Válvulas en Tubería de Plástico

**842.351** Las válvulas en la tubería plástica, pueden estar hechas de cualquier material adecuado y diseño permitido por este Código

**842.352** Las instalaciones de válvulas en las tuberías de plástico, deberán estar diseñadas de manera que se proteja el material plástico contra las cargas torsionales o de corte excesivas, cuando la válvula o cierre se opere, y de cualesquier otras tensiones secundarias que pudieran ser ejercidas a través de la válvula o su carcasa de soporte.

**842.36 Protección de Peligros.** La tubería de plástico, deberá hallarse en conformidad con todas las disposiciones del párrafo 841.13.

**842.37 Requerimientos de Cobertura y Encamisado Debajo de Ferrovías, Caminos, Calles o Carreteras.-** La tubería de plástico deberá hallarse en conformidad con los requerimientos aplicables de los párrafos 841.141 y 841.144. En los lugares en que la tubería de plástico deba hallarse encamisada o se la tenga que pasar a través de un puente, se deberán tomar precauciones adecuadas, para evitar el aplastamiento o corte de la tubería. (véase también el párrafo 842.43.

**842.38 Separación Entre las Líneas Principales y Otras Estructuras Enterradas.** La tubería de plástico deberá estar en conformidad con las disposiciones aplicables del párrafo 841.143. Se deberá mantener una distancia entre la tubería plástica y las líneas de vapor, agua caliente, o de corriente eléctrica y otras fuentes de calor para evitar que las temperaturas de operación excedan los límites de los párrafos 842.32(b), o 842.33(b).

#### 842.39 Tubería de Plástico y Uniones de Tubería Delgada (Tubing) y Conexiones

**842.391 Disposiciones Generales.** La tubería de plástico, el tubing y los accesorios pueden ser unidos mediante el método de cemento solvente, método adhesivo, método de guión por calor, o por medio de acoples o bridas de compresión. El método usado debe ser compatible con los materiales que se estén uniendo. Se deberán considerar las recomendaciones del fabricante cuando se esté determinando el método a usar.

#### 842.392 Requerimientos Para las Uniones

(a) La tubería o la tubería delgada (tubing) no deberán ser roscadas.

(b) Se podrán efectuar uniones de cemento solvente, juntas adhesivas, y fusión por calor, en conformidad con los procedimientos calificados que han sido establecidos y ensayados mediante pruebas, viéndose que producen juntas herméticas al gas, por lo menos tan fuertes como la propia tubería o tubería delgada que se esté uniendo.

**TABLA 842.32(c)**  
**ESPESOR DE PARED Y RELACIÓN DE DIMENSIÓN ESTÁNDAR PARA**  
**TUBERÍA TERMOPLÁSTICA**

Tamaño Nominal de la Tubería	Diámetro Exterior, Pulgadas	Espesor Mínimo de Pared, pulgadas				
		Relación de Dimensión Estándar, R				
		26	21	17	13.5	11
½	0.840	0.062	0.062	0.062	0.062	0.076
¾	1.050	0.090	0.090	0.090	0.090	0.095
1	1.315	0.090	0.090	0.090	0.097	0.119
1 ¼	1.660	0.090	0.090	0.098	0.123	0.151
1 ½	1.660	0.090	0.090	0.112	0.141	0.173
2	2.375	0.091	0.113	0.140	0.176	0.216
2 ½	2.875	0.110	0.137	0.169	0.213	...
3	3.500	0.135	0.167	0.206	0.259	...
3 ½	4.000	0.154	0.190	0.236	0.296	...
4	4.500	0.173	0.214	0.264	0.333	...
5	5.563	0.224	0.265	0.328	0.413	...
6	6.625	0.255	.0316	0.390	0.491	...

**NOTAS GENERALES:**

- (a) *Relación de Dimensión Estándar.* El sistema de Relación de Dimensión Estándar, permite al usuario seleccionar un número de diferentes tamaños de tubería para un sistema de tuberías, todas la cuales tendrán la misma presión de diseño. Cuando se utilizan materiales plásticos de la misma resistencia de diseño, podrá usarse la misma Relación de Dimensión Estándar para todos los tamaños de tubería, en lugar de calcular un valor de *t* para cada tamaño.
- (b) Los espesores de pared por encima de la línea, son valores mínimos y no son una función de la Relación de Dimensión Estándar.

**TABLA 842.33(c)**  
**DIÁMETRO Y ESPESOR DE PARED**  
**PARA TUBERÍA DE PLÁSTICO DE**  
**TERMOFRAGUADO, REFORZADA**

Tamaño Nominal de Tubería	Diámetro Exterior, pulgadas	Espesor Mínimo, en pulgadas
2	2.375	0.060
3	3.500	0.060
4	4.500	0.070
6	6.625	0.100

(c) Las juntas las debe realizar personal calificado por entrenamiento o experiencia siguiendo los procedimientos apropiados que se requieren para el tipo de junta a efectuar.

(d) Se deberán usar juntas o uniones de cemento solvente o de fusión por calor, solamente cuando se estén uniendo componentes fabricados del mismo material termoplástico.

(e) Se deberán usar juntas de fusión por calor o mecánicas cuando se esté uniendo tubería, tubería delgada (tubing), o accesorios de polietileno. Los componentes de polietileno fabricados con diferentes grados de materiales, podrán ser unidos por fusión de calor, siempre que se sigan los procedimientos calificados apropiados para unir los componentes específicos. Podrá unirse mediante fusión por calor, cualquier combinación de materiales de PE 2306, PE 3306 y 3406.

(f) Podrán usarse bridas o juntas especiales, toda vez que estén apropiadamente calificadas y usadas en conformidad con las disposiciones apropiadas del presente Código.

**842.393 Uniones con Cemento Solvente**

(a) Se requiere extremos cortados en ángulo recto, libres de protuberancias.

(b) Es esencial tener un ajuste apropiado entre la tubería o la tubería delgada y el correspondiente encaje o junta de enchufe, para obtener una junta adecuada. Generalmente no se pueden lograr juntas sólidas entre componentes que estén o muy sueltos o muy apretados.

(c) Las superficies de ajuste, deben estar limpias, secas y libres de materiales que pudieran resultar perjudiciales a la junta.

(d) Deberán usarse cementos solventes que estén en conformidad con ASTM D 2513 y que estén recomendados por el fabricante de la tubería o el tubing, para efectuar las uniones cementadas.

(e) Se requiere esparcir una capa uniforme de centeno en ambas superficies a unir. Después que se haya hecho la unión, el exceso de cemento deberá retirarse del exterior de la junta. La junta no debe perturbarse hasta que haya fraguado apropiadamente.

(f) El cemento solvente y los componentes de tubería a ser unidos, podrán ser acondicionados antes del armado, mediante un entibiado, si es que se lo hace en conformidad con las recomendaciones del fabricante.

(g) Una junta de cemento solvente no deberá calentarse en procura de acelerar el fraguado del cemento.

(h) Se deberán seguir los requerimientos de seguridad del Apéndice A de ASTM D 2513, cuando se usen cementos solventes.

**842.394 Juntas de Fusión por Calor**

(a) Las uniones a tope eficaces efectuadas por fusión de calor, requieren el uso de un dispositivo de unión que sostiene el elemento calefactor en escuadra con los extremos de la tubería, y puede comprimir los extremos calentados, uno contra otro, y sostener la tubería en el alineamiento adecuado mientras el plástico se endurece.

(b) Las uniones de enchufar unidas mediante fusión por calor, bien ejecutadas, requieren del uso de un dispositivo de

unión que caliente las superficies de ajuste de la unión, de manera uniforme y simultáneamente las tenga a la misma temperatura. La junta completada, no debe ser perturbada hasta que haya fraguado apropiadamente.

(c) Debe tenerse cuidado durante la operación de calentado para evitar causar daños al material plástico por sobrecalentamiento o no calentar el material suficientemente para asegurarse de una buena junta. Se prohíbe la aplicación directa de calor con un soplete o antorcha u otra llama abierta.

(d) Al conectar accesorios de tipo montura o caballete a tubería de NPS 2 y menores, véase el párrafo 842.32E para minimizar la posibilidad de fallas.

#### **842.395 Juntas Adhesiva**

(a) Se deberán usar adhesivos que estén en conformidad con ASTM D 2517 y estén recomendados por los fabricantes de la tubería, tubing o accesorios, para efectuar las juntas unidas por adhesivo.

(b) cuando se unan dos materiales no similares, se deberá efectuar una investigación cuidadosa para determinar que los materiales y el adhesivo usados son compatibles los unos con los otros.

(c) una junta unida por adhesivo podrá ser calentada en conformidad con las recomendaciones del fabricante, para acelerar el curado.

(d) Deberán tomarse medidas para sujetar con una grapa, sujetador o abrazadera, los materiales unidos, evitando que se muevan hasta que el adhesivo se haya endurecido apropiadamente.

#### **842.396 Juntas Mecánicas<sup>6</sup>**

(a) Cuando se usen juntas mecánicas del tipo de compresión, el material de empaquetaduras elastoméricas que contenga el accesorio, deberá ser compatible con el plástico (por Ej., el plástico y el elastómero no deben causar el uno el deterioro de las propiedades físicas y químicas del otro, durante un período prolongado.

(b) El rigidizador tubular requerido para reforzar el extremo de la tubería o tubing, se deberá extender por lo menos debajo de aquella sección que se esté comprimiendo con la empaquetadura u otro material de sujeción o agarre. El rigidizador, deberá estar libre de bordes agudos o ásperos, y no se deberá introducir a la tubería a la fuerza. No se deberá usar accesorios tubulares divididos.

(c) Puesto que la resistencia al arrancamiento de los accesorios de tipo de compresión varía con el tipo y el tamaño, todas las juntas mecánicas deberán estar diseñadas e instaladas para resistir efectivamente las fuerzas longitudinales de arrancamiento causadas por la contracción de la tubería o por la máxima carga externa anticipada. La instalación se deberá diseñar y hacer para minimizar estas fuerzas cortantes, de la siguiente manera:

(1) En el caso del entierro directo cuando la tubería es suficientemente flexible, la tubería puede introducirse a la zanja sin necesidad de un alineamiento muy cuidadoso (ni vertical ni horizontal).

(2) En el caso de tubería instalada por inserción dentro de un encamisado, la tubería deberá ser

empujada en lugar de estirada dentro de su sitio, de manera que se la deje en compresión en lugar de tracción.

(3) Se deberá dejar una holgura para la dilatación y contracción térmicas, debidas a los cambios estacionales de temperatura de la tubería instalada. La importancia de esta holgura aumenta a medida que la longitud de la instalación se incrementa. Tal holgura es un parámetro de suma importancia cuando se utiliza la tubería de plástico para la renovación por inserción dentro de otra tubería, debido a que no queda restringida por la carga de la tierra o suelo. Esta holgura puede lograrse mediante combinaciones apropiadas de:

(a) cañerías en "s"

(b) anclajes

(c) alineamiento de la tubería y el accesorio

(d) en el caso de compresión, accesorios por el uso de tipos de estilo largo y su colocación en la tubería en una ligera compresión axial

(e) dispositivos de dilatación – contracción, o

(f) accesorios diseñados para evitar el arrancamiento

Los coeficientes típicos de dilatación térmica, que pueden utilizarse para efectuar los cálculos, se dan en la Tabla 842.396(e).

### **842.4 Instalación de Tubería de Plástico**

**842.41 Especificaciones de Construcción.** Todo el trabajo de construcción efectuado en los sistemas de tubería en conformidad con los requerimientos del presente código, se deberán hacer usando especificaciones de construcción. Las especificaciones de construcción deberán cubrir los requerimientos del este Código y deberá estar en suficiente detalle como para asegurar una instalación apropiada.

**842.42 Disposiciones de Construcción y Manipulado.** Los componentes de tubería de plástico, son susceptibles a dañarse por una mala manipulación. Las acanaladuras, cortes, ensortijados, u otras formas de daño, pueden causar la falla. Se deberá ejercer mucho cuidado durante el manejo y la instalación para prevenir tales daños.

**842.421** La tubería plástica y la tubería delgada (tubing) deberán inspeccionarse cuidadosamente para examinar que no tengan cortes, arañazos, protuberancias, u otras imperfecciones, antes de usarlas y cualquier tubería o tubing que contenga imperfecciones perjudiciales, deberá ser rechazada.

**842.422** Cada instalación debe ser inspeccionada en el campo, para detectar si es que hay imperfecciones perjudiciales. Se deberá eliminar cualquiera de tales imperfecciones que se detecten.

**842.423** Se requiere la aplicación habilidosa de técnicas calificadas y el uso de materiales y equipo apropiados para lograr juntas bien ejecutadas de tubería plástica mediante los métodos de cemento solvente, adhesivo o fusión por calor. Las disposiciones de revisión deben examinarse visualmente, Si hay alguna razón por la cual se crea que la junta es defectuosa, deberá ser removida y reemplazada.

**842.424** Se deberá tener cuidado para evitar el manejo torpe de la tubería y tubería delgada de plástico. No deberá ser empujada ni estirada sobre superficies con proyecciones afiladas, no deberá dejársela caer ni dejar caer

<sup>6</sup> Hágase referencia a las ediciones más recientes del Manual de Tubería de Plástico de la Asociación Norteamericana del Gas, ASTM D 2513, la Z380.1 de ANSI, *Guía para Sistemas de Tubería Para Transporte y Distribución de Gas* y publicaciones técnicas de los fabricantes de tubería plástica y accesorios.

objetos sobre la misma. Deberá tenerse cuidado de evitar el ensortijado o el pandeo, y cualquier retorcimiento o pandeo que ocurra, deberá ser retirado mediante corte como cilindro y reemplazado.

**TABLA 842.396(c)**  
**VALORES NOMINALES PARA**  
**COEFICIENTES DE DILATACIÓN**  
**TÉRMICA DE MATERIALES DE**  
**TUBERÍA TERMOPLÁSTICA**

Designación General del Material	Coefficientes Nominales de Dilatación Térmica ASTM D 696, x 10 <sup>-5</sup> pulg/pulg/°F
PE 2306	9.0
PE 2306	9.0
PE 2306	9.0
PVC 1120	3.0
PVC 1220	3.5
PVC 2110	5.0
PVC 2112	4.5
PVC 2116	4.0
PB 2110	70.2

**NOTAS GENERALES:**

(a) Los compuestos individuales pueden diferir de los valores de esta Tabla, hasta en un  $\pm$  10%. Pueden obtenerse de los fabricantes valores más exactos para productos comerciales específicos.

(b) Abreviaturas: PVC = Cloruro de Poli Vinilo, PE = Polietileno y PB = Polibutileno.

**842.425** En todo tiempo, se deberá tener cuidado de proteger el material plástico, del fuego, calor excesivo y de productos químicos perjudiciales.

**824.426** La tubería y el tubing plástico, se deben apoyar adecuadamente durante el tiempo en que se hallan almacenados. La tubería termoplástica, la tubería delgada y los accesorios, se deben proteger de la exposición directa al sol, por períodos prolongados.

**842.43 Disposiciones de Instalación**

(a) La tubería plástica puede instalarse por encima del nivel del suelo, solamente si:

(1) se halla encamisada en tubería metálica que esté protegida contra la corrosión atmosférica; protegida contra el deterioro (por Ej., degradación por alta temperatura); y protegida contra el daño exterior; o

(2) se halla instalada para servicio con líneas de plástico, según lo permite el párrafo 849.52(b).

La tubería plástica no deberá usar para soportar cargas externas. La tubería plástica encamisada, deberá ser capaz de resistir las temperaturas anticipadas sin deteriorarse o disminuir su resistencia por debajo de los límites de diseño establecidos en los párrafos 842.32 y 842.33. Al proveer protección contra el daño externo, se debe considerar la necesidad de aislar el segmento encamisado, y ventearlo bajo condiciones de seguridad, o contener el gas que pudiera

escapar de la tubería de plástico en la eventualidad de una fuga o rotura.

(b) No se deberá instalar tubería de plástico en cámaras u otros espacios cerrados subterráneos a menos que se halle completamente encamisada en un tubo metálico a prueba de fugas de gas, y se usen accesorios metálicos que tengan una protección adecuada contra la corrosión.

(c) La tubería de plástico deberá ser instalada de tal manera que se minimicen las tensiones de tracción y corte resultantes de la construcción, el relleno, la dilatación y/o contracción térmica, y las cargas externas. (Véase el párrafo 842.396.

**842.431 Enterramiento Directo**

(a) La tubería o tubería delgada (tubing) termoplástica, enterrada directamente deberá tener un espesor mínimo de pared de 0.090 pulgadas, en todos los tamaños, excepto la tubería NPS ½ y ¾ de pulgada y menores diámetros nominales de tubing, cuyo mínimo espesores de pared deberá ser de 0.062 pulgadas.

(b) La tubería de plástico deberá tenderse sobre un suelo no perturbado o uno que esté bien compactado. Si es que se va a tender tubería de plástico sobre suelos que pudieran dañarla, la tubería deberá ser protegida mediante materiales libres de piedras, antes de completar el relleno. La tubería de plástico no deberá ser soportada mediante bloques. Se deberá usar tierra bien compactada u otro apoyo continuo.

(c) La tubería deberá ser instalada proveyendo suficiente holgura, como para prevenir la posible contracción. Pudiera hacerse necesario el enfriamiento antes de que se haga la última conexión, bajo condiciones de temperaturas extremadamente altas. (Véase el párrafo 842.396).

(d) Cuando se baje a las zanjas secciones largas de tubería plástica que se haya armado en el costado de la zanja, se deberá tener cuidado de evitar cualquier esfuerzo que pudiera sobre-esforzar o pandear la tubería o imponer esfuerzos excesivos en las uniones.

(e) El relleno deberá efectuarse de una manera que provea un apoyo firme alrededor de la tubería. El material usado para el relleno, deberá estar libre de piedras grandes, trozos de pavimento, o cualquier otro material que pudiera dañar la cañería.

(f) En los casos en que se inunda la zanja para consolidar el relleno, se debe tener cuidado para que la tubería no flote, saliendo fuera de su apoyo firme en el fondo de la zanja.

(g) Deberá instalarse un alambre conductor de la electricidad junto con la tubería, para facilitar su ubicación con un localizador electrónico de tubos. Podrá emplearse otro material adecuado.

**842.432 Inserción de la Tubería de Revestimiento**

(a) La tubería de revestimiento o encamisado, deberá ser preparada en la extensión necesaria para eliminar cualquier borde agudo, proyecciones, o material abrasivo que pudiera dañar el plástico durante y después de la inserción.

(b) La tubería o el tubing de plástico deberá ser insertada dentro de la tubería de encamisado de tal manera que se proteja el plástico durante la instalación.- El extremo que vaya delante de la tubería de plástico, deberá estar cerrado antes de la inserción. Se debe tener cuidado de que la tubería de plástico se apoye en el extremo de la tubería de encamisado.

(c) La porción de la tubería de plástico expuesta debido a la remoción de una sección de la tubería de encamisado, deberá tener suficiente resistencia como para soportar las cargas externas anticipadas, o deberá protegerse con una pieza que haga las funciones de puente y que sea capaz de resistir las cargas externas anticipadas.

(d) La porción de tubería plástica que vá sobre suelo perturbado, deberá ser adecuadamente protegida por una pieza que haga de puente, u otros medios de proteger la tubería plástica contra el aplastamiento o el corte de las cargas externas o el asentamiento del relleno.

(e) La tubería deberá ser instalada, previendo la posible contracción térmica. Pudiera ser necesario proveer enfriamiento antes de que se haga la última conexión, cuando la tubería se haya instalado en climas cálidos o templados. (Véase el párrafo 842.396).

(f) Si es que se acumulan cantidades de agua entre el encamisado y la tubería portadora, en sitios en que pueda quedar sometida a temperaturas de congelamiento, la tubería portadora podría contraerse hasta el punto en que la capacidad se vea afectada o la pared de la tubería pudiera aplastarse y abrir una fuga. Para evitar esto, se deberán seguir los siguientes pasos:

(1) El espacio anular entre la tubería portadora y la tubería de encamisado deberá mantenerse a un mínimo, de tal manera que el volumen incrementado del agua al congelarse sea insuficiente para aplastar la tubería portadora.

(2) Deberá proveerse un drenaje adecuado para la tubería de encamisado.

(3) Pude insertarse un relleno, tal como una espuma dentro de espacio anular entre el encamisado y la tubería portadora.

**842.44 Curvas y Ramales.** Los cambios de dirección en la tubería de plástico, pueden lograrse con curvas, tes, o codos, bajo las siguientes limitaciones:

(a) La tubería y el tubing de plástico, podrán alcanzar una deflexión no mayor al radio mínimo recomendado por el fabricante para la clase, tipo, grado, espesor de pared y diámetro del plástico en particular que se esté usando.

(b) Las curvas deberán estar libres de bucles, grietas, u otra evidencia de daño.

(c) Los cambios de dirección que no puedan lograrse en conformidad con (a) de líneas arriba, deberán efectuarse con accesorios de tipo de codo.

(d) No se permiten curvas con ingletes.

(e) Las conexiones de ramales, se podrá efectuar solamente con tes de tipo de enchufar, u otros accesorios adecuados, específicamente diseñados para el propósito.

**842.45 Reparación en Campo de Protuberancias y Surcos.** Las protuberancias o surcos perjudiciales se deberán eliminar, cortando en forma de cilindro y reemplazando la porción dañada en conformidad con el párrafo 852.7.

**842.46 Salidas a Presión (Hot Taps).** Todas las salidas a presión, deberán ser instaladas por equipos de personas entrenados y experimentados.

**842.47 Purgado.** El purgado de las líneas principales de plástico y de las líneas de servicio, se deberá efectuar en conformidad con los párrafos 841.275 y 841.276.

## **842.5 Pruebas de la Tubería de Plástico Después de la Construcción**

**842.51 Disposiciones Generales.** Toda la tubería de plástico deberá ser probada a presión después de la construcción y antes de ponerla en operación, para probar su resistencia y para demostrar que no presenta fugas.

**Conexiones.** Debido a que algunas veces se hace necesario dividir un ducto o línea principal en secciones para efectuar las pruebas, y para instalar cabezales de prueba, tubería de conexión y otros complementos necesarios, no se requiere que se prueben las secciones de conexión de tubería. Las uniones de estas conexiones sin embargo, deberán probarse para verificar que no tengan fugas.

## **842.52 Requerimientos de Prueba**

(a) El procedimiento de prueba utilizado, incluyendo la duración de la prueba, deberá ser capaz de descubrir todas las fugas que hayan en la sección que se esté probando y deberá ser seleccionado después de tomar en consideración el contenido volumétrico de la sección y su ubicación.

(b) La tubería termoplástica no deberá ser probada a temperaturas del material por encima de 140 °F, y la tubería plástica de termofraguado reforzada no deberá ser probada a temperaturas de material mayores a 150 °F. La duración de la prueba de la tubería de termofraguado por encima de los 100 °F, sin embargo, no deberá exceder las 96 horas.

(c) Se deberá dejar un tiempo suficiente para que las juntas "se fragüen" apropiadamente antes de que se inicie la prueba.

(d) Los ductos de plástico y líneas principales, deberán ser probadas a presión no inferior a 1.5 veces la máxima presión de operación o 50 psig, el que sea mayor, con la excepción de que:

(1) la presión de prueba para la tubería plástica de termofraguado no deberá exceder 3.0 veces la presión de diseño de la tubería

(2) la presión de prueba para la tubería termoplástica, no deberá exceder 3.0 veces la presión de diseño de la tubería a temperaturas hasta e incluyendo los 100 °F o 2.0 veces la presión de diseño a temperaturas que excedan los 100 °F.

(e) Podrán usarse gas, aire o agua como el medio o vehículo de la prueba.

**842.53 Seguridad Durante las Pruebas.** Todas las pruebas después de la construcción, deberán ser efectuadas con debida consideración y atención a la seguridad de los empleados y el público durante la prueba.

## **842.6 Terminales de Cobre**

### **842.61 Diseño de Terminales de Cobre**

**842.611** Cuando se usa para terminales de gas, la tubería o tubing de cobre deberá estar en conformidad con los siguientes requerimientos:

(a) No se debe usar terminales de tubería o tubing de cobre en lugares donde la presión exceda los 100 psig.

(b) No deberá usarse tubería ni tubing de cobre, cuando el gas transportado contenga más de un promedio de 0.3 granos de sulfuro de hidrógeno por cada cien pies cúbicos estándar de gas. Esto es equivalente a una traza según se determina por la prueba del acetato de plomo. (Véase el párrafo 863.4).

(c) La tubería o tubing de cobre para terminales, deberá tener un espesor de pared mínimo de 0.065 pulgadas y deberá ser conformado en duro (hard drawn).

(d) No se debería usar tubería ni tubing de cobre para terminales donde la tensión o las cargas externas pudieran dañar la tubería.

**842.612 Válvulas en Tubería de Cobre.** Las válvulas instaladas en las líneas de cobre, podrán estar fabricadas en cualquier material adecuado, permitido por el presente Código.

**842.613 Accesorios en la Tubería de Cobre.** Se recomienda que los accesorios en la tubería de cobre y que se halle expuesta a la tierra del suelo, tales como las tes de servicio, accesorios de control de presión, etc., estén hechos de bronce, cobre o latón.

**842.614 Uniones en Tubería y Tubing de Cobre.** La tubería de cobre deberá ser unida usando ya sea un acople de tipo de compresión o una unión de tipo solapa de latón o soldada. El material de relleno usado para el revestimiento de latón deberá ser una aleación de cobre fosforoso o una aleación de base de plata. No se permiten soldaduras a tope para unir tubería de cobre o tubing. El tubing de cobre no deberá ser roscado, aunque la tubería de cobre con espesor de pared equivalente al tamaño comparable a la tubería de acero de Schedule 40, podrá ser roscada y utilizada para conectar accesorios o válvulas de enroscar o atornillar.

**842.615 Protección contra la Corrosión Galvánica.** Se deberán tomar medidas para evitar la acción galvánica perjudicial donde el cobre esté conectado al acero por debajo del suelo. (Véase el párrafo 862.114(a)).

#### **842.62 Prueba de Terminales de Cobre Después de la Construcción**

**842.621** Todos los terminales de cobre deberán ser probados después de la construcción en conformidad con las disposiciones del párrafo 841.35.

### **843 ESTACIONES DE COMPRESIÓN**

#### **843.1 Diseño de Estaciones de Compresión**

**843.11 Ubicación del Edificio de Compresores.** Excepción hecha de los ductos de costa fuera, el edificio principal para las estaciones de compresión de gas deberá estar ubicado a una distancia suficientemente apartada de las propiedades adyacentes que no se hallen bajo el control de la Compañía, para poder minimizar el riesgo de comunicación de incendios al edificio de compresores desde estructuras de propiedades adyacentes. Se deberá proveer suficiente espacio libre alrededor del edificio para permitir el libre movimiento del equipo de combate de incendios.

**843.12 Construcción del Edificio.** Todos los edificios de estaciones de compresión que alojen tubería de gas en tamaños mayores a NPS 2 o equipo de manejo de gas (exceptuando el equipo para propósitos domésticos) deberá ser construido con materiales incombustibles según se define en ANSI / NFPA 220.

**843.13 Salidas o Escapes.** Se deberá proveer un mínimo de dos salidas para cada piso operativo de un compresor principal, sótano y cualquier pasarela elevada o plataforma a 10 pies (3.0 m) o más por encima del nivel del suelo. Las pasarelas individuales de los motores no necesitarán dos salidas. Las salidas de cada edificio del tipo indicado, podrán ser escaleras fijas, gradas, etc. La distancia máxima desde cualquier punto no deberá exceder lo 75 pies (22.5 m) medida a lo largo de la línea central de los pasillos o pasarelas. Loas salidas deberán ser puertas sin obstrucción, ubicadas de manera que provean una posibilidad conveniente de escape y deberán proveer paso inobstruido a un lugar seguro. Los cestillos de las puertas deberán ser del tipo que pueden abrirse inmediatamente desde el interior sin el uso de una llave. Todas las puertas de giro, ubicadas en las paredes que dan al exterior, deberán abrir, girando hacia afuera.

**843.14 Áreas Cerradas con Verjas o Alambradas.** Cualquier verja o alambrada que pudiera dificultar o evitar el escape de personas de la vecindad de una estación de compresión en una emergencia, deberá estar provista por lo menos con dos puertas. Estas puertas deberán estar ubicadas de manera que provean una oportunidad conveniente de escape hacia un sitio seguro. Cualesquiera de tales puertas situadas a una distancia menor a los 200 pies de cualquier edificio de planta de compresión, deberá abrir hacia fuera y no deberá estar cerrada con seguros, (o deberá poder abrirse desde el interior sin el uso de una llave) cuando el área dentro del cerramiento esté ocupada. De manera alternativa, podrán proveerse otras instalaciones que tengan las mismas condiciones de salida conveniente hacia afuera del área.

#### **843.2 Instalaciones Eléctricas**

Todo el equipo eléctrico y cableado instalado en una estación de compresión para transporte y distribución de gas deberá estar en conformidad con los requerimientos de ANSI / NFPA 70, en la medida en que lo permita el equipo comercialmente disponible.

Las instalaciones eléctricas en ubicaciones peligrosas, según las define ANSI / NFPA 70 y que no seguirán funcionando durante un paro de emergencia de la estación de compresión según indica el párrafo 843.43(a), deberá estar diseñado para estar en conformidad con los requerimientos de ANSI / NFPA 70 para ubicaciones Clase 1, División 1.

#### **843.4 Equipo de la Estación de Compresión,**

##### **843.41 Instalaciones de Tratamiento de Gas**

**843.411 Remoción de Líquidos.** Cuando en la corriente de gas se tiene presencia de vapores condensables, en cantidad suficiente como para licuarse bajo las condiciones esperadas de presión y temperatura, el flujo de succión hacia cada etapa de compresión (o hacia cada unidad en el caso de compresores centrífugos), deberá estar protegido contra la introducción de cantidades peligrosas de líquidos atrapados, hacia el interior del compresor. Todos los separadores de líquidos que se utilicen para este propósito, deberán estar provistos con dispositivos operados manualmente para extraer o remover los líquidos desde los mismos. Además, se tendrá instalaciones de remoción automática de líquidos, un dispositivo de para de emergencia de compresor, o una alarma de alto nivel de líquido, los que deberán usarse cuando

exista la posibilidad de que lleguen tarugos o porciones de líquido que viajen hacia el interior del compresor.

#### **843.412 Equipo para Remoción de Líquidos.**

Los separadores de líquidos, a menos que estén contruidos con tubería y accesorios y no se use soldadura interna, deberán estar fabricados en conformidad con la Sección VIII del Código de Calderos y Recipientes a Presión de ASME. Cuando los separadores de líquidos están contruidos con tubería y accesorios sin soldadura interna, deberá estar en conformidad con los requerimientos de las Localidades de Clase 4.

**843.42 Protección Contra Incendio.** Se deberán proveer instalaciones de protección contra incendio de acuerdo con las recomendaciones de la Asociación Estadounidense de Seguros (American Insurance Association). Si las bombas de incendio son parte de dichas instalaciones, su operación no deberá verse afectada por las instalaciones de paro de emergencia.

#### **843.43 Dispositivos de Seguridad**

##### **843.431 Instalaciones de Paro de Emergencia**

(a) Cada estación de compresión de la línea de transmisión o transporte, deberá estar provista con un sistema de paro de emergencia por medio del cual se pueda bloquear el paso del gas fuera de la estación y descomprimir la tubería de la estación de gas. La operación del sistema de paro de emergencia deberá hacer que se cierren todos los equipos compresores de gas y todos los equipos cuyo combustible sea el gas. La operación de este sistema deberá desenergizar las instalaciones eléctricas ubicadas en la vecindad de las entradas de gas y en la sala de compresión, excepto por aquellas que proveen la iluminación de emergencia para la protección del personal y aquellos que son necesarios para la protección del equipo. El sistema de paro de emergencia deberá ser operable desde por lo menos dos ubicaciones fuera del área de gas de la estación, preferiblemente cerca de los portones de salida de la cerca de enmallado, aunque a no más de 500 pies (150 m) desde los límites de la estación. El equipo para bajar la presión deberá extenderse a una ubicación donde la descarga del gas no tenga la posibilidad de crear un peligro a la estación de compresión o el área que le rodea. Se excluyen de las disposiciones del presente párrafo, las estaciones de compresor de campo que funcionan sin personal con una capacidad de 1,00 HP o menos.

(b) Cada estación de compresión que abastezca gas directamente al sistema de distribución, deberá estar provisto con instalaciones de paro de emergencia, ubicadas fuera de los edificios de compresión por medio de los cuales todo el flujo de gas pueda bloquearse fuera de la estación siempre que exista otra fuente adecuada de gas para el sistema de distribución. Estas instalaciones de paro, podrán ser ya sea automáticas u operadas manualmente, según lo requieran las condiciones locales. Cuando no se tenga ninguna otra fuente de gas disponible, no se deberán instalar sistemas de paro que pudieran funcionar en un momento equivocado y causar un cierre del sistema de distribución.

**843.432 Paradas de Motor por Sobre-Velocidad.** Cada propulsor de un compresor, exceptuando los motores eléctricos de inducción o sincrónicos, deberá hallarse provisto con un dispositivo automático que esté

diseñado para parar la unidad antes que se exceda la máxima velocidad segura de su impulsor o unidad motriz, según lo establece el respectivo fabricante.

#### **843.44 Requerimientos de Limitación de Presión en Estaciones de Compresión**

**843.441** Se deberán instalar alivios de presión u otros dispositivos protectores adecuados, de suficiente capacidad y sensibilidad, los mismos que se deberán mantener para asegurarse que la máxima presión admisible de operación de la tubería y los equipos de la estación no se excedan por más de un 10%.

**843.442** En la línea de descarga de cada compresor de gas y en cada compresor de desplazamiento positivo de la línea de transporte de gas, se deberá instalar una válvula de alivio de presiones o un dispositivo limitador de presión, entre el compresor de gas y la primera válvula de bloque de la descarga. Si una válvula de alivio de presión es el dispositivo de protección contra sobre-presión, entonces la capacidad de alivio deberá ser igual o mayor a la capacidad del compresor. Si las válvulas de alivio en el compresor no evitan la posibilidad de que se tenga sobre-presión en el ducto, según especifica el párrafo 845, deberá instalarse un dispositivo limitador de presión o aliviador de presión, en la línea del ducto para evitar que se sobre-presurice más allá de los límites prescritos por el presente Código.

**843.443 Venteo.** Las líneas de venteo provistas para alejar el gas de las válvulas de alivio de presiones, hacia la atmósfera, deberán extenderse a una ubicación donde el gas pueda descargarse sin provocar peligros indebidos. Las líneas de venteo deberán tener suficiente capacidad de manera que no inhiban el desempeño de la válvula de alivio.

**843.45 Control de Gas Combustible.** Se deberá proveer un dispositivo automático diseñado para cerrar el flujo de gas combustible cuando el motor se para, en cada motor de gas que opere con inyección de gas a presión. El tubo múltiple o manifold de distribución de gas deberá también ventearse simultáneamente.

**843.46 Fallas de Enfriamiento y de Lubricación.** Todas las unidades de compresión de gas, deberán estar equipadas con dispositivos de paro o de alarma para operar en la eventualidad de un enfriamiento o lubricación inadecuada de las unidades.

**843.471 Silenciadores.** La cubierta exterior de los silenciadores de los motores que usan gas como combustible deberá ser diseñada en conformidad con las buenas prácticas de ingeniería, y deberá estar contruida en materiales dúctiles. Se recomienda que todos los compartimientos del silenciador sean fabricados con ranuras de venteo o agujeros en las placas deflectoras, para evitar que el gas quede atrapado en el silenciador.

**843.472 Ventilación del Edificio.** La ventilación deberá ser abundante, para asegurarse que los empleados no se hallen en riesgo bajo condiciones normales de operación (o tales condiciones anormales como la rotura de una empaquetadura, membrana de empaque, etc.) por acumulaciones o concentraciones peligrosas de vapores o gases inflamables o perjudiciales, en las habitaciones,

sumideros, desvanes, pozos o sitios cerrados similares, o en cualquier porción de los mismos.

#### **843.48 Detección de Gas y Sistemas de Alarma**

(a) Cada edificio de compresores en una estación de compresión, donde podrían acumularse concentraciones peligrosas de gas, deberá tener un sistema de detección de gas fijo y un sistema de alarma, a menos que el edificio:

(1) esté construido de manera que por lo menos el 50% de su área de paredes laterales esté permanentemente abierta hacia la atmósfera o adecuadamente ventilada por ventilación forzada o natural; o

(2) en una estación de compresión de campo, sin atención de personal, que tenga una potencia de 1,000 HP o menos y que esté adecuadamente ventilada.

(b) Excepto las ocasiones en que sea necesario parar el sistema por mantenimiento (véase el párrafo 853.16), cada sistema de detección de gas y sistema de alarma requerido por la presente sección, deberá:

(1) monitorear continuamente el edificio de compresores verificando que la concentración de gas en el aire no sea mayor a 25% del límite explosivo inferior.

(2) advertir a las personas que vayan a ingresar al edificio, y a las personas que se hallen dentro del edificio, del peligro, si es que aquella concentración de gas se ha excedido.

(c) La configuración del edificio de compresores, deberá ser considerada en la selección del número, tipo, y colocación de detectores y alarmas.

(d) La señal de alarma debe ser única e inmediatamente reconocible, considerando el ruido de fondo y la iluminación, por parte del personal que se halle en el interior o inmediatamente afuera de cada edificio de compresores.

#### **843.5 Tubería de la Estación de Compresión**

**843.51 Tubería de gas.** Las siguientes, son disposiciones generales aplicables a toda tubería de gas.

**843.511 Especificaciones para Tubería de gas.** Toda la tubería de gas de una estación de compresión, fuera de la de instrumentos, control y tubería de muestreo, que va hacia el ducto principal, incluyendo las conexiones al ducto principal, deberán ser de acero y deberá usarse para ellas el factor de diseño F, según la Tabla 841.114B. Las válvulas que tengan componentes de su carcasa hechos con hierro dúctil, podrán usarse sujetas a las limitaciones del párrafo 831.11(b).

**843.512 Instalación de Tubería de Gas.** Las disposiciones del párrafo 841.2 se deberán aplicar según sea apropiado a la tubería de gas en las estaciones de compresión.

**843.513 Prueba de la Tubería de Gas.** Toda la tubería de gas dentro de una estación de compresión, deberá ser probado después de la instalación en conformidad con las provisiones del párrafo 841.3 para ductos y líneas principales en Localidades de Clase 3, excepto por las pequeñas adiciones a las estaciones de operación, no se necesitan someter a prueba cuando las condiciones de operación hagan que resulte impráctico efectuar las pruebas.

**843.514 Identificación de las Válvulas y la Tubería.** Todas la válvulas y controles de emergencia deberán estar identificadas con carteles. La función de todas

las tuberías de gas a presión, deberán estar identificadas por carteles y códigos de colores.

**843.52 Tubería de Gas Combustible.** Las siguientes son disposiciones específicas aplicables a la tubería de gas combustible solamente.

**843.521** Todas las líneas de gas combustible, dentro de una estación de compresión que sirven a los varios edificios y áreas residenciales, deberán estar provistas de válvulas maestras de cierre ubicadas en el exterior de todo edificio o área residencial.

**843.522** Las instalaciones de regulación de presión para el sistema de gas combustible de una estación de compresión, deberán estar provistas con dispositivos limitadores de presión, para evitar que se exceda la presión normal de operación del sistema en más de un 25% o que la máxima presión admisible de operación, se exceda por más del 10%.

**843.523** Se deberán tener disposiciones adecuadas para evitar que el gas combustible ingrese a los cilindros de potencia de un motor y que actúe en las partes móviles, mientras se efectúan trabajos en el motor o en el equipo impulsado por el motor.

**843.524** Todo el gas combustible usado para propósitos domésticos en una estación de compresión, que tenga insuficiente olor propio para servir como una advertencia en la eventualidad de una fuga, deberá ser olorizado, según se prescribe en el párrafo 871.

#### **843.53 Sistemas de Tuberías de Aire**

**843.531** Toda la tubería de aire dentro de las estaciones de compresión, se deberán construir en conformidad con ASME B31.3.

**843.532** La presión de aire para arranque de motores, el volumen de almacenamiento, y el tamaño de la tubería de conexión deberán ser adecuados para hacer rotar el motor a la velocidad de arranque y al número de revoluciones por minuto necesario para purgar el gas combustible del cilindro de potencia y del silenciador. Se podrán usar las recomendaciones del fabricante como una guía para determinar estos factores. Se deberá considerar el número de motores instalados y la posibilidad de tener que arrancar varios de estos motores dentro de un período corto de tiempo.

**843.533** Se deberá instalar una válvula de retención o cierre en la línea de aire de arranque, cerca de cada motor para evitar el flujo inverso del motor hacia el sistema de tuberías de aire. También se deberá instalar una válvula de retención en la línea principal de aire, en el lado inmediato a la salida del tanque o tanques de aire. Se recomienda que se instalen equipos para enfriar el aire y remover o eliminar la humedad y el aceite atrapado, entre el compresor de aire de arranque y los tanques de almacenamiento de aire.

**843.534** Se deberá tomar medidas adecuadas para evitar que el aire de arranque ingrese a los cilindros de potencia del motor y actúe las partes móviles mientras se hacen trabajos en el motor o en el equipo impulsado por los motores. Un medio aceptable de lograr esto es instalando una



brida ciega, retirando la porción de la tubería de alimentación de aire, o trabando en posición de cerrada una válvula de retención y trabando en posición de abierto un venteo aguas abajo del mismo.

**843.535 Receptores de Aire.** Los receptores de aire o botellas de almacenamiento de aire, para usarlas en estaciones de compresión, deberán estar construidas en conformidad con la Sección VIII del Código BPV.

**843.54 Tubería de Aceite Lubricante.** Toda tubería de aceite lubricante dentro de las estaciones de compresión de gas, deberá estar construida en conformidad con ASME B31.3.

**843.55 Tubería de Agua.** Toda la tubería de agua dentro de una estación de compresión, deberá estar construida en conformidad con el Código de BPV.

**843.56 Tubería de vapor.** Toda la tubería de vapor dentro de las estaciones de compresión de gas deberá estar construida en conformidad con las ASME B31.1.

**843.57 Tubería Hidráulica.** Toda la tubería de potencia hidráulica dentro de las estaciones de compresión de gas, deberá estar construida en conformidad con ASME B31.3.

#### 844 DEPÓSITOS DE TIPO TUBERÍA Y DE TIPO BOTELLA

##### 844.1 Los Depósitos de Tipo Tubería en Derechos de Vía que No Se Hallen Bajo Uso y Control Exclusivo de la Compañía Operadora

Un depósito de tipo tubo que se vaya a instalar en calles, carreteras o en derechos de vía privados, que no se hallen bajo el exclusivo control y uso de la compañía operadora, deberá ser diseñado, instalado y probado en conformidad con las disposiciones del presente Código aplicables a un ducto instalado en la misma ubicación y operado a la misma máxima presión.

##### 842.2 Depósitos de Tipo Botella

Los depósitos de tipo botella deberán estar ubicados en tierra que sea de propiedad o se halle bajo el exclusivo control de la compañía operadora.

##### 844.3 Depósitos de Tipo Tubo y de Tipo Botella en Propiedad bajo el Exclusivo Uso y Control de la Compañía Operadora

**844.31** El sitio de almacenamiento deberá estar completamente encerrado mediante veja o enmallado para evitar el acceso por parte de personal no autorizado.

##### 844.32

(a) Un depósito de tipo tubo o tipo botella que vaya a ser instalado en terreno bajo el exclusivo control y uso de la compañía operadora, deberá ser diseñado de conformidad con los factores de diseño de construcción. La selección de estos factores depende de de la Clase de Localidad en la cual está situado el lugar, la holgura entre los recipientes de tubo o botellas y la cerca, y la máxima operación de operación, como sigue:

Tamaño del Depósito	Factores de Diseño, F	
	Para Distancia Mínima Entre Depósitos y Límites de la Cerca, de 25 a 100 pies	Para Distancia Mínima Entre Depósitos y Límites del Sitio (en la cerca), de 25 a 100 pies
Clase de Localidad		
1	0.72	0.72
2	0.60	0.72
3	0.60	0.60
4	0.40	0.40

(b) La distancia mínima entre depósitos y los límites de la cerca de cerramiento del sitio, se fija por medio de las máximas presiones de operación del depósito, como sigue:

Máxima Presión de Operación, psi	Distancia mínima, pies
Menos de 1,000	25
1,000 o más	100

(c) *Distancia Mínima Entre Depósitos de Tubo o Botellas.* La mínima distancia en pulgadas entre depósitos de tubo o botellas, deberá ser determinada mediante la siguiente fórmula.

$$C = \frac{3DPF}{1,000}$$

donde

- C = distancia mínima entre los recipientes de tubo o botellas, en pulgadas
- D = diámetro exterior del depósito o botella, pulgadas
- F = factor de diseño (véase el párrafo 844.32(a))
- P = máxima presión admisible de operación, psig

(d) Los recipientes o depósitos de tubo, deberá estar enterrados con la parte superior de cada envase a no menos de 24 pulgadas (0.6 m) por debajo de la superficie del suelo.

(e) Las botellas deberán enterrarse con la parte superior de cada recipiente, debajo de la línea normal de congelamiento

(f) Los depósitos de tipo tubo, deberán probarse en conformidad con las disposiciones del párrafo 841.32 para un ductos ubicado en la misma clase de localidad que el sitio del depósito, siempre que, en cualquier caso en que la presión de prueba vaya a producir una tensión de aro del 80% o más del la mínima tensión de fluencia especificada de la tubería, se deberá usar agua como el medio o vehículo de la prueba.

##### 844.4 Disposiciones Especiales Aplicables Solamente a Depósitos de Tipo Botella

**844.41** Un depósito de tipo botella, puede estar fabricado de acero que no sea soldable bajo condiciones de campo, sujeto a todas las limitaciones siguientes:

(a) Los depósitos de tipo botella fabricados con acero de aleación, deben cumplir con los requerimientos químicos y de tensión para los diferentes grados de aceros de ASTM A 372.

(b) La relación de tensión mínima de fluencia especificada a la resistencia real a la tensión, en ningún caso deberá exceder 0.85.

(c) No se deberán efectuar soldaduras en este tipo de botellas después de que hayan sido tratadas con calor y/o aliviadas de tensiones, excepto de que deberá ser permisible conectar pequeños alambres de cobre a la porción de menor diámetro del cerramiento del extremo de la botella con el propósito de dar protección catódica, usando un proceso de soldadura localizada de tipo térmico con polvo (con carga que no exceda los 15 g).

(d) Tales botellas deberán ser sometidas a una prueba hidrostática en fábrica, y no se necesita probarlas hidrostáticamente de nuevo a tiempo de instalarlas. La presión de prueba de fábrica, no deberá ser menor a la requerida para producir una tensión de aro igual al 85% de la mínima tensión de fluencia especificada del acero. Deberá hacerse una cuidadosa inspección de las botellas a tiempo de instalarlas, y no se deberán usar botellas que estén dañadas.

(e) Tales botellas y la tubería de conexión, deberán ser probadas para verificar su estanqueidad después de la instalación, usando aire o gas a una presión de 50 psi por encima de la máxima presión de operación.

#### 844.5 Disposiciones Generales Aplicables tanto a los Depósitos de Tubo como a los de Botella

(a) No deberá almacenarse gas que contenga más de 0.1 granos de sulfuro de hidrógeno por cada 100 pies cúbicos estándar de gas, cuando se tenga presencia de agua libre o se anticipe tenerla, sin emplear los medios adecuados para identificar, mitigar o evitar la corrosión interna perjudicial. (Véase el párrafo 863).

(b) Deberán tomarse medidas para evitar la formación o acumulación de líquidos en el recipiente o depósito, la tubería de conexión y el equipo auxiliar que pidieran causar corrosión o interferir con la operación segura del equipo de almacenamiento.

Las válvulas de alivio se deberán instalar de acuerdo con las disposiciones del presente Código, las cuales tendrán una capacidad de alivio adecuada para limitar la presión impuesta en la línea de llenado y por lo tanto en el depósito de almacenamiento al 100% de la presión de diseño del depósito o a la presión que produzca una tensión de aro del 75% de la tensión mínima de fluencia especificada del acero, el que sea menor.

### 845 CONTROL Y LIMITACIÓN DE LA PRESIÓN DEL GAS

#### 845.1 Requerimientos Básicos para la Protección Contra la Sobre-Presión Accidental

Todo ducto, línea principal, sistema de distribución, medidor del cliente, e instalaciones conexas, estación de compresión, depósito de tipo tubo, depósito de tipo botella, recipientes fabricados con tubería y accesorios, y todo el equipo especial, si se halla conectado a un compresor o a una fuente de gas donde la falla del control de la presión u otras causas pudieran dar por resultado una presión que exceda la máxima presión admisible de operación de la instalación (hágase referencia al párrafo 805.214), deberá estar equipada con dispositivos adecuados para aliviar la presión. En el

párrafo 845.24 se dan las disposiciones especiales para los reguladores de servicio.

#### 845.2 Control y Limitación de la Presión del Gas

##### 845.21 Control y Limitación de la Presión de Gas en Depósitos, Ductos y Todas las Instalaciones que Pudieran a Veces Hallarse a Presión (como una Botella)

845.212 Los tipos de protección adecuados para evitar la sobre-presión en tales instalaciones, incluyen:

(a) Válvulas de alivio cargadas con la fuerza de un resorte o tipos de válvulas que cumplan con las disposiciones del Código BPV, Sección VIII.

(b) reguladores de contra-presión, cargados con fuerza piloto, usados como válvulas de alivio, diseñados de manera que la falla del sistema piloto o las líneas de control, causarán que el regulador se abra

(c) discos de ruptura del tipo que cumplen con las disposiciones del Código BPV, Sección VIII, División I.

845.213 **Máxima Presión Admisible de Operación para los Ductos de Acero o Plástico, o Líneas Principales.** Esta es por definición, la máxima presión de operación, a la cual el ducto o línea principal puede ser sometida, de acuerdo con los requerimientos del presente Código. Para un ducto o línea principal, la máxima presión admisible de operación, no deberá exceder la menor de los siguientes cuatro ítems:

(a) la presión de diseño (definida en el párrafo 805.212) del elemento más débil del ducto o la línea principal. Asumiendo que todos los accesorios, válvulas y potros accesorios en la línea tienen una capacidad adecuada de resistencia a la presión, la máxima presión admisible de operación del ducto o línea principal, deberá ser la presión de diseño determinada en conformidad con el párrafo 841.11 para el acero o el párrafo 842.3 para el plástico.

(b) la presión obtenida al dividir la presión a la cual el ducto o línea principal se prueba después de la construcción por el factor apropiado para la Clase de Localidad de la que se trate, como sigue:

Clase de Localidad	Presión para el Acero (1)	Presión para el Plástico
1, División 1	<u>Presión de Prueba</u> 1.25	No Disponible
1, División 2	<u>Presión de Prueba</u> 1.10	<u>Presión de Prueba</u> 1.50
2	<u>Presión de Prueba</u> 1.25	<u>Presión de Prueba</u> 1.50
3	<u>Presión de Prueba (2)</u> 1.40	<u>Presión de Prueba</u> 1.50
4	<u>Presión de Prueba (2)</u> 1.40	<u>Presión de Prueba</u> 1.50

#### NOTAS:

(1) Véase en el párrafo 845.214 los factores de prueba aplicables para la conversión de ductos con factores no conocidos.

(2) Deben usarse otros factores si la línea fuera probada bajo las condiciones especiales descritas en el párrafo 841.322(d), 841.325 y 841.33. En tales casos, úsense los factores que sean consistentes con los requerimientos aplicables de estas secciones.

(c) la máxima presión segura a la cual el ducto o línea principal deberá ser sometida en su historial de operación y

mantenimiento (para ductos de transporte, véase el párrafo 851.1)

(d) cuando se conectan líneas de servicio al ducto o línea principal, las limitaciones establecidas en los párrafos 845.223(b) y (c).

**845.214 Calificación del Ducto de Acero o Línea Principal para Establecer la MAOP**

(a) *Ducto Operando a 100 psig o Mayor.* Este párrafo se aplica a los ductos existentes de gas natural o a los ductos existentes que se estén convirtiendo a servicio de gas natural, donde uno o más factores de la fórmula de diseño de la tubería de acero, (véase el párrafo 841.11) son desconocidos y el ducto se va a operar a 100 psi o más. La máxima presión admisible de operación deberá ser determinada mediante una prueba hidrostática del ducto.

(1) la máxima presión admisible de operación deberá limitarse a la presión obtenida dividiendo la presión a la cual el ducto o línea principal se prueba por el factor apropiado para la Clase de Localidad, según el cuadro siguiente:

Clase de Localidad	Máxima Presión Admisible de Operación (MAOP)
1, División 1	<u>Presión de Prueba</u> 1.25
1, División 2	<u>Presión de Prueba</u> 1.39
2	<u>Presión de Prueba</u> 1.67
3	<u>Presión de Prueba</u> 2.0
4	<u>Presión de Prueba</u> 2.5

(2) La presión de prueba a usarse en el cálculo de la máxima presión admisible de operación, deberá ser la presión de prueba obtenida en el punto de máxima elevación de la sección de mínima resistencia de prueba y no deberá ser mayor a la presión requerida para producir una tensión igual a la resistencia de fluencia según se la determine mediante prueba. Solamente puede usarse la primera prueba a la fluencia para determinar la máxima presión admisible de operación.

(3) Se deberán conservar los registros de las pruebas de presión hidrostática y reparaciones de línea, durante toda la vida en que las instalaciones correspondientes permanezcan en servicio.

(4) Determine que todas las válvulas, bridas, y otros componentes calificados por presión, tengan una capacidad adecuada.

(5) Mientras que la máxima presión de una prueba utilizadas para establecer la máxima presión admisible de operación, no queda limitada por el presente párrafo, exceptuando por (2) de líneas arriba, se deberá tener sumo cuidado al seleccionar la máxima presión de prueba.

(b) *Ductos que Operan a Menos de 100 psig.* Este párrafo se aplica a los ductos existentes de gas natural o a los ductos existentes que se estén convirtiendo a servicio con gas, donde uno o más factores de de la fórmula de diseño de la tubería de acero se desconozcan y el ducto vaya a ser operado a menos de 100 psig. La máxima presión admisible de operación, se deberá determinar mediante prueba de presión del ducto.

(1) La máxima presión admisible de operación deberá limitarse a la presión obtenida de la división del la presión a

la cual se haya probado el ducto o línea principal, por el factor apropiado de acuerdo de la Clase de Localidad de que se trate, según la siguiente tabla:

Clase de Localidad	Máxima Presión Admisible de Operación (MAOP)
1	<u>Presión de Prueba</u> 1.25
2	<u>Presión de Prueba</u> 1.25
3	<u>Presión de Prueba</u> 1.5
4	<u>Presión de Prueba</u> 1.5

(2) La presión de prueba a usarse en el cálculo de la máxima presión admisible de operación, deberá ser la presión de prueba obtenida en el punto de mayor elevación de la sección de la prueba de mínima resistencia, y no deberá ser mayor a la presión requerida para producir una tensión igual a la tensión de fluencia, según se determine mediante prueba. Solamente puede usarse la primera prueba a la fluencia para determinar la máxima presión admisible de operación.

(3) Los registros de pruebas de presión y reparación de línea, deberán conservarse mientras las instalaciones pertinentes se mantengan en servicio.

(4) Determine que todas las válvulas, bridas y otros componentes calificados por presión, tengan la capacidad adecuada.

(5) Aunque la máxima presión de una prueba utilizada para establecer la máxima presión admisible de operación no queda limitada por el presente párrafo, excepto por (2) de líneas arriba, se deberá tener sumo cuidado al seleccionar la máxima presión de prueba.

**845.22 Control y Limitación de la Presión del Gas en Sistemas de Distribución de Alta Presión de Acero, Hierro Dúctil, Hierro Fundido o Plástico**

**845.221** Cada sistema de distribución de alta presión o línea principal, abastecida desde una fuente de gas, que se halle a una presión mayor que la máxima presión admisible de operación del sistema, deberá estar equipada con dispositivos reguladores de presión de la capacidad adecuada y diseñadas para cubrir la presión, carga y otras condiciones de servicio bajo las cuales se vayan a operar o a las cuales puedan ser sometidas.

**845.222** Además de los dispositivos de regulación de presión descritos en el párrafo 842.221, se deberá proveer un método adecuado para evitar someter un sistema de alta presión, a sobre- presiones accidentales.

Entre los tipos adecuados de dispositivos protectores para evitar la sobre- presión de los sistemas de distribución de alta presión, se incluyen:

- (a) válvulas de alivio, según se las prescribe en el párrafo 845.212(a) y (b).
- (b) válvulas de alivio cargadas con peso
- (c) un regulador de monitoreo instalado en serie con el regulador de presión primario
- (d) un regulador en serie, instalado aguas arriba del regulador primario y graduado para imitar continuamente la presión en la entrada del regulador primario, a la máxima presión admisible de operación del sistema de distribución o una presión menor
- (e) un dispositivo de paro o cierre automático instalado en serie con el regulador primario de presión y graduado para

cerrar cuando la presión en el sistema de distribución alcanza la máxima presión admisible de operación o menos. Este dispositivo deberá mantenerse cerrado, hasta que se lo reinicie manualmente. No se deberá usar este dispositivo donde pudiera causar una interrupción de servicio para un gran número de clientes.

**845.223 Máxima Presión Admisible de Operación para Sistemas de Distribución de Alta Presión.** Esta presión deberá ser la máxima presión a la cual pueda someterse el sistema en conformidad con los requerimientos del presente Código. No deberá exceder:

- (a) la presión de diseño del elemento más débil del sistema, definido en el párrafo 805.212
- (b) 60 psig si las líneas de servicio en el sistema no están equipadas con reguladores en serie u otros dispositivos limitadores de presión, según indica el párrafo 845.243
- (c) 25 psig en sistemas de hierro fundido que tengan juntas de espiga y campana unidas por calafateado, que no hayan sido equipadas con abrazaderas de junta de campana u otros métodos efectivos de sellado de fugas
- (d) los límites de presión a los cuales puede someterse cualquier junta sin la posibilidad de separación o rotura
- (e) 2 psig en sistemas de distribución de alta presión equipados con reguladores de servicio que no cumplan los requerimientos del párrafo 845.241 y que no cuenten con un dispositivo de protección contra sobre-presiones según se requiere por el párrafo 845.242
- (f) la máxima presión segura a la cual el sistema debería someterse sobre la base de su historial de operación y mantenimiento.

#### **845.23 Control y Limitación de Presión de Gas en Sistemas de Distribución de Baja Presión**

**845.231** Cada sistema de distribución de baja presión o línea principal de baja presión, alimentada por una fuente de gas que esté a una presión mayor a la máxima presión admisible de operación del sistema de baja presión, deberá ser equipado con dispositivos reguladores de presión de una capacidad adecuada. Estos dispositivos deben estar diseñados para cumplir con la presión, carga y otras condiciones de servicio bajo las cuales vayan a operar.

**845.232** Además de los dispositivos reguladores de presión indicados en el párrafo 845.231, su deberá proveer un dispositivo apropiado para evitar la sobre-presurización accidental. Entre los dispositivos adecuados para proteger los sistemas de distribución de baja presión contra la sobre-presión, se incluyen:

- (a) un dispositivo de alivio de sello líquido que pueda regularse para que abra con precisión y consistentemente a la presión deseada
- (b) válvulas de alivio cargadas con peso
- (c) un dispositivo de paro o cierre automático, como el que se describe en el párrafo 845.222e
- (d) regulador de contra presión, cargado por fuerza piloto, según se describe en el párrafo 845.212(b)
- (e) un regulador de monitoreo, según se describe en el párrafo 845.222(c)
- (f) un regulador en serie, como el que se describe en el párrafo 845.222(d).

**845.233 Máxima Presión Admisible de Operación para Sistemas de Distribución de Baja Presión.**

La máxima presión admisible de operación para un sistema de distribución de baja presión, no deberá exceder ninguno de los siguientes:

- (a) una presión que vaya a causar la operación insegura de cualquier equipo de baja presión que use gas como combustible y esté conectado y ajustado apropiadamente
- (b) una presión de 2 psig

**845.234 Conversión de Sistemas de Distribución de Baja Presión, a Sistemas de Distribución de Alta presión**

(a) Antes de convertir un sistema de distribución de baja presión en un sistema de distribución de alta presión, se requiere tomar en consideración los siguientes factores:

- (1) el diseño del sistema, incluyendo las clases de materiales y equipo usados
- (2) el registro de mantenimiento del pasado, incluyendo los resultados de cualesquier estudios de fugas efectuados previamente
- (b) Antes de incrementar la presión, se deberán tomar los siguientes pasos (no es necesario que estén en la misma secuencia mostrada):
  - (1) Efectuar un estudio de fugas y reparar las fugas que se hallen
  - (2) Reforzar o reemplazar las partes del sistema que se determine que son inadecuadas para las presiones de operación más altas
  - (3) Instalar un regulador de servicio en cada línea de servicio, y probar cada regulador para determinar si es que está funcionando. En algunos casos pudiera ser necesario elevar la presión ligeramente para permitir la operación adecuada de los reguladores de servicio.
  - (4) Aislar el sistema, de los sistemas de baja presión adyacentes.
  - (5) En las curvas o empalmes en tubería de espiga y campana, reforzar o reemplazar los anclajes que se determine que son inadecuados para las presiones mayores.
- (c) La presión del sistema que se esté convirtiendo deberá ser incrementada por pasos, con un período para revisar el efecto del incremento previo antes de efectuar el incremento siguiente. La magnitud deseable de cada incremento y la duración del período de revisión, variarán, dependiendo de las condiciones. El objetivo de este procedimiento es el de permitir una oportunidad para descubrir cualesquier conexiones abierta y no reguladas a los sistemas de baja presión adyacentes o a los clientes individuales antes de que se alcance una presión excesiva.

(4) Aislar el sistema, de los sistemas de baja presión adyacentes.

(5) En las curvas o empalmes en tubería de espiga y campana, reforzar o reemplazar los anclajes que se determine que son inadecuados para las presiones mayores.

(c) La presión del sistema que se esté convirtiendo deberá ser incrementada por pasos, con un período para revisar el efecto del incremento previo antes de efectuar el incremento siguiente. La magnitud deseable de cada incremento y la duración del período de revisión, variarán, dependiendo de las condiciones. El objetivo de este procedimiento es el de permitir una oportunidad para descubrir cualesquier conexiones abierta y no reguladas a los sistemas de baja presión adyacentes o a los clientes individuales antes de que se alcance una presión excesiva.

**845.24 Control y Limitación de la Presión de Entrega de Gas a Clientes Domésticos, Comerciales Pequeños e Industriales Pequeños, desde Sistemas de Distribución de Alta Presión**

NOTA: Cuando la presión del gas y la demanda del cliente son mayores a aquellas aplicables bajo las disposiciones del párrafo 845.24, los requerimientos de control y limitación de la presión del gas entregado, se incluyen en el párrafo 845.1.

**845.241** Si la máxima presión admisible de operación del sistema de distribución es de 60 psig o menos, y se usa un regulador de servicio que tenga las características que se dan en la lista de líneas abajo, no se requerirá ningún otro dispositivo limitador de presión:

- (a) un regulador de presión capaz de reducir la presión de la línea de distribución, psi, a presiones recomendadas para

los artefactos del hogar que consumen gas, en pulgadas de columna de agua

(b) una válvula de una sola salida, con un diámetro de orificio no mayor al recomendado por el fabricante para la máxima presión de gas en la entrada del regulador

(c) un asiento de válvula fabricado con material flexible diseñado para resistir la abrasión del gas, las impurezas del gas y el cierre cortante de la válvula, y diseñado para resistir la deformación permanente cuando se oprime contra la abertura de la válvula

(d) conexiones de tubería al regulador que no excedan 2 NPS

(e) la capacidad, bajo condiciones normales de operación de regular la presión aguas abajo dentro de los límites necesarios de precisión y de limitar la acumulación de presión bajo condiciones de flujo nulos, a no más del 50% por encima de la presión normal de descarga, mantenida bajo condiciones de flujo.

(f) un regulador de servicio auto- contenido, sin líneas estáticas externas o líneas de control.

**845.242** Si la máxima presión admisible de operación del sistema de distribución es de 60 psig o menos, y se utiliza un regulador de servicio que no tenga todas las características de la lista del párrafo 845.241, o si es que el gas contiene materiales que interfieren seriamente con la operación de los reguladores de servicio, se deberán instalar dispositivos protectores adecuados, para evitar una sobre- presurización insegura de los artefactos de los clientes, si es que llegar a fallar el regulador de servicio. Algunos de los tipos de dispositivos protectores adecuados para evitar la sobre- presión en los artefactos de los clientes, son:

(a) un regulador – monitor

(b) una válvula de alivio

(c) un dispositivo de cierre automático

Estos dispositivos pueden instalarse como una parte integral del regulador de servicio o como unidades separadas.

**843.243** Si la máxima presión admisible de operación del sistema de distribución excede los 60 psig, se deberá usar métodos adecuados para regular o limitar la presión entrada al cliente a un valor máximo de seguridad. Tales métodos pueden incluir:

(a) un regulador de servicio que tenga las características que se dan en la lista del párrafo 845.541 y un regulador secundario ubicado aguas arriba del regulador de servicio. En ningún caso deberá graduarse o fijarse el regulador secundario para que mantenga una presión mayor a las 60 psi. Se deberá instalar un dispositivo entre el regulador secundario y el regulador de servicio para limitar la presión en la entrada del regulador de servicio a 60 psi o menos en caso de que el regulador secundario falle y no funcione apropiadamente. Este dispositivo podrá ser ya sea una válvula de alivio o una cierre automático que cierre si es que la presión en la entrada del regulador de servicio excede la presión fijada 860 psi o menos) y permanece cerrado hasta que se lo restablezca manualmente.

(b) un regulador de servicio y un regulador- monitor fijado para limitar la presión de entrega de gas al cliente, a un máximo valor de seguridad.

(c) un regulador de servicio con una válvula de alivio ventecada hacia la atmósfera, estando la válvula de alivio regulada para que se abra de manera que la presión de gas que vaya hacia el cliente, no exceda un valor máximo de seguridad. La válvula de alivio podrá estar incorporada al

regulador de servicio, o podrá ser una unidad separada, instalada aguas abajo del regulador de servicio. Esta combinación puede utilizarse solamente en los casos en los que la presión de entrada al regulador de servicio, no excede la presión de trabajo de seguridad especificada por el fabricante para el regulador de servicio, y si no está recomendada para uso donde la presión de entrada para el regulador de servicio exceda 125 psi. Para presiones de entrada mayores, deberá usarse el método del párrafo 845.243(a) ó (b).

### **845.3 Requerimientos para el Diseño de Instalaciones de Alivio de presión y de Limitación de Presión**

**845.31** Los dispositivos de alivio de presión o limitadores de presión, con la excepción de los discos de ruptura, deberán:

(a) estar contruidos con materiales tales, que la operación del dispositivo no sea impedida normalmente por la corrosión de las partes externas debido a la acción atmosférica o de las partes interna por el gas.

(b) tener válvulas y asientos de válvulas que estén diseñadas de tal manera que no se peguen en una posición que vaya a dejar el dispositivo inoperante y pueda dar por resultado una falla del dispositivo al no funcionar de la manera que se tenía previsto

(c) estar diseñadas e instaladas de manera que se as pueda operar fácilmente para determinar si la válvula está libre, puede probarse para determinar la presión a la cual vaya a operar, y puedan ser probadas para determinar cuando se hallan en la posición de cerrada.

**845.311** Los discos de ruptura, deberán cumplir con los requerimientos de diseño que se prescriben en el Código BPV. Sección VIII, División I.

**845.32** Las chimeneas de descarga, venteos, o puntos de salida de todos los dispositivos de alivio de presiones, deberán estar ubicados donde el gas pueda descargarse hacia la atmósfera sin causar un peligro o riesgo. Deberá prestarse atención a todas las zonas vecinas donde los componentes del sistema estén expuestos.

**845.33** El tamaño de las aberturas, la tubería y accesorios ubicados entre el sistema a ser protegido u el dispositivo para aliviar la presión y la línea de venteo, deberán ser de los tamaños adecuados para evitar el golpe o martilleo de la válvula y para prevenir que la capacidad de alivio se vea impedida.

**845.34** Deberán tomarse precauciones para evitar la operación no autorizada de cualquier válvula de cierre que cause que la válvula de alivio quede inoperante. Esta disposición no se deberá aplicar a las válvulas que aislen el sistema que se esté protegiendo, de su fuente de presión. Los métodos aceptables para cumplir con esta disposición, son los siguientes:

(a) Trabar la válvula de retención en la posición de abierta. Instruir al personal autorizado, sobre la importancia de no dejar inadvertidamente la válvula de retención cerrada y de hallarse presente durante todo el período en que la válvula de retención se cierra, de manera que la pueda trabar en la posición de abierta, antes de que se vayan del sitio.

(b) Instalar válvulas de alivio duplicadas, siendo que cada una tenga la capacidad por sí misma de proteger todo el sistema, y disponer las válvulas de aislamiento l válvulas de tres vías, de manera que mecánicamente, sea posible poner fuera de operación solamente un dispositivo de seguridad por vez.

**845.35** Deberán tomarse precauciones para evitar la operación no autorizada de cualquier válvula que pueda hacer inoperantes los dispositivos limitadores de presión. Esta disposición des aplica a las válvulas de aislamiento, válvulas de desvío (by- pass) y las válvulas de control o líneas de flote que estén ubicadas entre el dispositivo limitador de presión y el sistema que el dispositivo protege. Deberá considerarse un método similar al del párrafo 843.34(a), aceptable para el cumplimiento de esta disposición.

#### **845.36**

(a) Cuando un regulador de monitoreo, un regulador en serie, el sistema en sí mismo o el paro o cierre del sistema se instalan en una estación reguladora distrital para proteger contra la sobre- presión un sistema de tuberías, la instalación deberá ser diseñada e instalada para evitar todo tipo de incidentes, tales como la explosión en una cámara o el daño causado por un vehículo, que puedan afectar tanto la operación del dispositivo de protección contra la sobre- presión, como el regulador distrital. (Véanse los párrafos 846 y 847).

(b) Se deberá brindar especial atención a las líneas de control. Todas las líneas de control deberán estar protegidas contra la caída de objetos, excavación por parte de otros, u otras causas de daños que se puedan anticipar o predecir y deberán ser diseñadas e instaladas, de manera que cualquier daño a provocado en cualquier línea de control no vayan a hacer que tanto el regulador distrital como el dispositivo protector contra la sobre- presión queden inoperantes.

### **845.4 Capacidad de la Estación Aliviadora de Presión y de la Estación de Limitación de Presión y Dispositivos**

#### **845.41 Capacidad Requerida para las Estaciones de Alivio de Presión y Limitación de Presión**

**845.411** Cada estación de alivio de presiones, estación de limitación de presión, o grupo de tales estaciones, instaladas para proteger un sistema de tuberías o recipiente de presión, deberá tener suficiente capacidad y deberá estar ajustada para operar o evitar que la presión excede los siguientes niveles:

(a) *Sistemas con la Tubería o los Componentes de Tubería Operando a Más del 72% de la SMYS (mínima tensión de fluencia especificada).* La capacidad requerida, es la máxima presión admisible de operación, más un 4%.

(b) *Sistemas con la Tubería o los Componentes de Tubería Operando al 72% o Menos de la SMYS, en Sistemas que no sean Sistemas de Distribución de Baja Presión.* La capacidad requerida, será la menor entre los siguientes dos ítems:

(1) la máxima presión admisible de operación más 10%

(2) la presión que produce una tensión de aro de 75% de la mínima tensión de fluencia especificada

(c) *Sistema de Distribución de Baja presión.* La capacidad requerida es una presión que vaya a causar que

haya una operación insegura de cualquier equipo de combustión de gas conectado y ajustado apropiadamente.

**845.412** Cuando más de una estación reguladora de presión o compresor, alimentan al ducto o sistema de distribución y se tienen instalados dispositivos de alivio de presión en tales estaciones, la capacidad de alivio en la estación remota podrá tomarse en cuenta al diseñar el tamaño de los dispositivos de alivio de cada estación. Al hacer esto, sin embargo, la capacidad de alivio asumido para la estación remota, deberá quedar limitada por la capacidad del sistema de tubería de transportar gas a la ubicación remota o a la capacidad del dispositivo de alivio de la estación remota, el que resulte menor.

#### **845.42 Prueba de Capacidad Adecuada y Desempeño Satisfactorio de los Dispositivos Limitadores de Presión y Aliviadores de Presión**

**845.421** Donde el dispositivo de seguridad consista en un regulador adicional que esté asociado con, o que funcione en combinación con uno o más reguladores en un arreglo en serie para controlar o limitar la presión en un sistema de tubería, se deberá efectuar verificaciones apropiadas. Estas verificaciones deberán ser efectuadas para determinar que el equipo operará en forma satisfactoria para evitar cualquier presión que exceda la máxima presión admisible de operación del sistema, si es que llegaran a fallar cualquier regulador asociado o permanezcan en la posición de apertura plena.

#### **845.5 Tubería de Instrumentos, de Control y de Muestreo**

##### **(a) Alcance**

(1) El requerimiento dado en esta sección se aplica al diseño de la tubería de instrumentación, control y muestreo, para una operación segura y apropiada de la tubería en sí misma y no cubre el diseño de la tubería para garantizar un funcionamiento apropiado de los instrumentos para los cuales se instala la tubería.,

(2) Esta sección no se aplica a sistemas de tubería que estén permanentemente cerrados, tales como los dispositivos llenos de líquido que responden a los cambios de temperatura.

##### **(b) Materiales y Diseño.**

(1) Los materiales empleados para las válvulas, accesorios, tubería y tubería delgada (tubing), deberá ser diseñados para cumplir con las condiciones de servicio particulares.

(2) Las conexiones de salidas y las de conexiones de ingreso, accesorios o adaptadores, deberán estar contruidos de materiales adecuados y deberán ser capaces de resistir la máxima presión y temperatura de servicio de la tubería o equipo a cual se conecten. Deberán estar diseñados para soportar satisfactoriamente todas las tensiones, sin llegar a la falla por fatiga.

(3) Se deberá instalar una válvula de cierre en cada línea de salida, lo más cerca posible y según resulte más práctico, al punto de arranque. Se deberán instalar válvulas de alivio donde sea necesario para la operación segura de la tubería, instrumentos y equipos.

(4) No se deberá usar tubería de bronce o latón o tubería delgada (tubing) para temperaturas de metal de más de 400 °F

(5) Las tuberías sujetas a taponamiento por sólidos o depósitos, deberán ser provistas con conexiones adecuadas para la limpieza.

(6) La tubería o tubería delgada (tubing) requeridos según esta sección, podrán especificarse por los fabricantes del instrumento, aparato de control o dispositivo de muestreo, siempre que la seguridad de la tubería o tubing instalados, sea por lo menos igual a la que de otra manera se requeriría en conformidad con el presente Código.

(7) La tubería que pudiera contener líquidos, se deberá proteger mediante calentamiento u otros medios adecuados para evitar daños provocados por el congelamiento.

(8) La tubería en la cual pudieran acumularse líquidos, deberá ser provista con drenajes o purgas.

(9) El arreglo de la tubería y sus soportes, deberá ser diseñado para proveer no solamente seguridad bajo las tensiones de trabajo, sino también para proveer protección a la tubería contra el colgado libre formando catenarias que es perjudicial, daños mecánicos externos, abuso y daños provocados por condiciones de servicio no usuales, fuera de aquellas conectadas con la presión, temperatura y vibración de servicio.

(10) se deberán tomar precauciones adecuadas para brindar protección contra la corrosión (Véase el párrafo 863).

(11) Las juntas entre secciones de tubería delgada (tubing) o tubería normal, entre tubing y/o tubería y las válvulas o accesorios, se deberá hacer de una manera adecuada a las condiciones de presión y temperatura, como por ejemplo mediante accesorios abocinados o sin abocinar, y accesorios de tipo de compresión, o similares, o podrían ser del tipo de latón, roscados, o de tipo de enchufar y soldar. Si es que se van a usar válvulas con extremo de tipo de roscar con accesorios de tipo abocinado, sin abocinar o de tipo de compresión, se deberán usar adaptadores.

No se deberán usar juntas flexibles o telescópicas, la dilatación deberá compensarse proveyendo la flexibilidad dentro del sistema de tubería o tubing por sí mismos.

(12) No se deberá usar plástico cuando la temperatura de operación exceda los límites que se señalan en los párrafos 842.32(b) y 842.33(b).

(13) La tubería de plástico no se debe pintar. Si es que se requiere una identificación a más de la que proveen las marcas provistas por el fabricante, se la deberá lograr por otros medios.

#### **845.6 Incremento de la Presión Especificada**

Esta sección del Código indica los requerimientos mínimos para incrementar las presiones de los ductos o líneas principales a presiones máximas admisibles de operación que sean más altas.

##### **845.61 General**

(a) Una máxima presión admisible de operación mayor establecida mediante la presente sección, no deberá exceder la presión de diseño del elemento más débil del segmento en el que se incrementará la presión. No es el propósito de que los requerimientos del presente Código se apliquen retroactivamente a ítems tales como los cruces de caminos, conjuntos fabricados, cobertura mínima, y espaciamiento de válvulas. En lugar de los mismos, los requerimientos para estos ítems deberán cumplir con los criterios de la compañía operadora antes que se efectúe el incremento de presión.

(b) Se deberá preparar un plan para incrementar la máxima presión admisible de operación, en el que se incluirá un procedimiento escrito que garantice el cumplimiento con cada requerimiento aplicable de esta sección.

(c) Antes de incrementar la máxima presión admisible de operación de un segmento que haya estado operando a una presión menor a la determinada por el párrafo 845.213, se deberán efectuar la siguientes investigaciones y tomarse las siguientes medidas correctivas:

(1) Se deberán revisar el diseño, instalación inicial, método y fecha de la anterior prueba, Clases de localidades, materiales y equipos, para determinar que el incremento propuesto sea seguro y consistente con los requerimientos del presente Código.

(2) La condición de la línea deberá ser determinada mediante estudios para determinar fugas, otras inspecciones de campo, y el examen de los registros de mantenimiento.

(3) Las reparaciones, reemplazos o alteraciones que se hayan determinado como necesarias mediante los subpárrafos (c)(1) y (c)(2), de líneas arriba, se deberán efectuar antes de incrementar la presión.

(d) Se deberá considerar la realización de una nueva prueba en conformidad con los requerimientos de este Código si no se tiene la disponibilidad de evidencia satisfactoria para asegurar la operación bajo condiciones de seguridad a la máxima presión admisible de operación propuesta.

(e) Cuando se permiten incrementos de la presión del gas bajo los párrafos 845.62, 845.63, y 845.65, las presión del gas de deberá incrementar gradualmente por porciones, efectuando un estudio de fugas después de cada incremento parcial. El operador deberá determinar el número de incrementos, después de considerar la magnitud total del incremento de presión, el nivel de tensiones a la máxima presión admisible de operación final, las condiciones conocidas de la línea, y la proximidad de la línea a otras estructuras. El número de incrementos deberá ser suficiente como para asegurar que cualquier fuga pueda detectarse antes de que pueda crear un peligro potencial. Las fugas potencialmente peligrosas que se descubran, deberán ser reparadas antes de que se haga el incremento de la presión. Se deberá realizar una prueba final de fugas la nueva máxima presión admisible de operación más elevada.

(f) Los registros del incremento de presión, incluyendo cada investigación requerida por esta sección, las acciones correctivas que se hayan tomado, y pruebas de presión efectuadas, se deberán retener durante todo el tiempo que dure la vida útil de las instalaciones correspondientes y las mismas se mantengan en servicio.

**845.62 Incremento de Presión de Ductos de Acero o Líneas Principales a una Presión que Produzca una Tensión de Aro Menor al 30% de la SMYS.** La máxima presión admisible de operación podrá ser incrementada después del cumplimiento del párrafo 845.61(c) y una de las siguientes disposiciones:

(a) Si la condición física de la línea según se determina por el párrafo 845.61(c) indica que la línea es capaz de soportar la presión de operación más alta a la que se desea llegar, que se halla en general en conformidad con los requerimientos de diseño del presente Código y se ha probado previamente a una presión igual o mayor que la que requiere este Código para una línea nueva con la máxima presión admisible de operación propuesta, la línea podrá ser operada a la nueva máxima presión admisible de operación incrementada.

(b) Si la condición física de la línea, según se determina por el párrafo 845.6(c) indica que la capacidad de la línea de soportar la máxima presión de operación incrementada no se ha verificado satisfactoriamente o que la línea no se ha probado previamente a los niveles requeridos por el presente Código para una línea nueva con la máxima presión admisible de operación más alta propuesta, la línea podrá ser operada a máxima presión admisible de operación más alta, si es que pasa exitosamente la prueba requerida por este Código para la operación de una línea nueva bajo las mismas condiciones.

(c) Si es que la condición física de la línea, según se la determina por el párrafo 845.61(c) verifica su capacidad de operar a una presión más elevada, podrá establecerse una nueva máxima presión admisible de operación de acuerdo al párrafo 843.123 usando como presión de prueba la presión más alta a la que se haya sometido a la línea, ya sea en una prueba de resistencia o en condiciones de operación real.

(d) Si se hace necesario probar un ducto o línea principal antes de que se incremente a una nueva máxima presión admisible de operación, y si no resulta práctico probar la línea ya sea por los gastos que ocasionaría o por dificultades creadas por sacarla de servicio debido a otras condiciones de operación, se podrán establecer una nueva máxima presión admisible de operación en Localidades de Clase 1, de la siguiente manera:

(1) Cumplir con los requerimientos del párrafo 845.61(c).

(2) Seleccionar una nueva máxima presión admisible de operación, consistente con la condición de la línea y los requerimientos de diseño de este Código, siempre que:

(a) la nueva máxima presión admisible de operación no exceda el 80% de la permitida para una línea nueva que vaya a operar bajo las mismas condiciones

(b) la presión se aumentará por incrementos según lo indica el párrafo 845.61(e)

**845.63 Incremento de Presión de Ductos de Acero o Plástico a una Presión que Vaya a Producir Una Tensión de Aro Menor al 30% de la SMYS.** La máxima presión admisible de operación podrá ser incrementada después del cumplimiento del párrafo 845.61(c) y una de las siguientes disposiciones:

(a) Si la condición física de la línea según se determina por el párrafo 845.61(c) indica que la línea tiene capacidad de soportar la presión de operación más alta que se desea, se halla en conformidad general con los requerimientos de diseño del presente Código y se ha probado previamente a una presión igual o mayor a aquella requerida por el presente Código para una línea nueva a la máxima presión admisible de operación propuesta, la línea podrá ser operada a la máxima presión admisible de operación más elevada.

(b) Si las condiciones físicas de la línea, según se determinan por el párrafo 845.61(c) indican que la capacidad de la línea para resistir la máxima presión admisible de operación más elevada no ha sido satisfactoriamente verificada o que la línea no ha sido previamente probada a los niveles requeridos por el presente Código para una línea nueva a la nueva máxima presión admisible de operación más elevada propuesta, si es que resiste exitosamente la prueba requerida por el presente Código para una línea nueva que opere bajo las mismas condiciones.

(c) Si la condición física de la línea según se la determina por el párrafo 845.61(c) verifica su capacidad de

operar a una presión mayor, podrá establecerse una nueva máxima presión admisible de operación de conformidad con el párrafo 845.213, usando como presión de prueba la presión más alta a la cual la línea haya sido sometida, ya sea en una prueba de resistencia o en operación real.

(d) Si es necesario probar un ducto o línea principal antes de que se incremente la presión a una máxima presión admisible de operación más alta, y si no resulta práctico probar la línea ya sea por el gasto que implica o las dificultades creadas por sacarla de servicio o debido a otras condiciones de operación, se podrá establecer una máxima presión admisible de operación incrementada, en Localidades de Clase 1, como sigue:

(1) Realizar los requerimientos del párrafo 845.61(c)

(2) seleccionar una nueva máxima presión admisible de operación, consistente con la condición de la línea y los requerimientos de diseño del presente Código, siempre que:

(a) la nueva máxima presión admisible de operación no sobrepase el 80% de la presión permitida para una línea nueva que opera bajo las mismas condiciones

(b) la presión se incremente por porciones, según se indica en el párrafo 845.61(c)

**845.63 Incremento de la Presión en Ductos de Acero o de Plástico que Produzca una Tensión de Aro Menor al 30% de la SMYS**

(a) Esto se aplica a líneas principales y ductos de acero de alta presión de acero, donde la máxima presión admisible de operación incrementada es menor que la requerida para producir una tensión de aro de 30% de la mínima tensión de fluencia especificada de la tubería y para todos los sistemas de distribución de alta presión de plástico. Si la máxima presión admisible de operación incrementada de un ducto o línea principal de acero es más del 30% mínima tensión de fluencia especificada de la tubería, se deberán aplicar las disposiciones del párrafo 845.62.

(b) antes de incrementar la máxima presión admisible de operación de un sistema que haya estado operando a menos de la máxima presión aplicable y subirla a una máxima presión admisible de operación más alta, se deberán tomar en consideración los siguientes factores:

(1) la condición física de la línea, según se determina el párrafo 845.61(c)

(2) la información del fabricante o proveedor determinando que cada componente de un sistema de plástico, tiene la capacidad de proveer un rendimiento satisfactorio a la presión incrementada.

(c) Antes de incrementar la presión, se deberán dar los siguientes pasos:

(1) instalar dispositivos adecuados en las líneas de servicio para regular y limitar la presión del gas en conformidad con el párrafo 845.243, si es que la nueva máxima presión admisible de operación va a ser mayor a 60 psi.

(2) reforzar adecuadamente, o anclar las bifurcaciones o salidas, curvas, extremos cerrados en la tubería conectada para evitar el movimiento de la tubería, si es que las bifurcaciones, curva y extremos cerrados fueran expuestos durante una excavación.

(3) aumentese la presión por incrementos parciales, según se indica en el párrafo 845.61(e).



**845.64 Incremento de la Presión de una Línea Principal o Sistema de Hierro Dúctil a una nueva Máxima Presión Admisible de Operación**

(a) La máxima presión admisible de operación de una línea principal o sistema de hierro dúctil, no se debe incrementar a una presión que exceda aquella permitida por el párrafo 842.211. En los casos en que los registros no estén suficientemente completos para permitir la aplicación directa del párrafo 845.211, se deberá utilizar el procedimiento siguiente:

(1) *Condición de Tendido.* Donde no se pueda establecer la condición original de tendido, se deberá asumir que la Condición D (tubería soportada sobre bloques, relleno compactado) existe para la tubería de hierro fundido, y que la Condición B (tubería tendida sin bloques, relleno compactado) existe para la tubería de hierro dúctil.

(2) *Cobertura.* A menos que se conozca con certidumbre la profundidad real máxima de la cobertura de tierra, deberá determinarse la misma exponiendo la tubería principal o sistema en tres o más puntos y efectuar mediciones. La tubería principal o sistema deberá ser expuesto en áreas donde la profundidad de cobertura tienda a ser máxima. La mayor profundidad de cobertura medias, es la que se deberá usar para los cálculos.

(3) *Espesor de pared Nominal.* A menos que el espesor nominal se conozca con certidumbre, deberá ser determinado mediante dispositivos de medición ultrasónica. El promedio de todas las mediciones deberá ser incrementado por una holgura indicada en la siguiente tabla:

Tamaño Nominal de Tubería	Holgura en pulgadas		
	Tubería de Hierro Fundido		Tubería de Hierro Dúctil
	Tubería Fundida en Molde	Tubería Fundida y Centrifugada	
3-8	0.075	0.065	0.065
10-12	0.08	0.07	0.07
14-24	0.08	0.08	0.075
30-42	0.09	0.09	0.075
48	0.09	0.09	0.08
54-60	0.09	...	...

El espesor de pared nominal del hierro fundido deberá ser el espesor estándar indicado en la Tabla 10 o Tabla 11 –la que resulte aplicable- de AWWA C101 que es el valor más próximo obtenido. El espesor de pared nominal del hierro dúctil deberá ser el espesor estándar de la lista de la Tabla 6 de ANSI / AWWA C150 / A 21.50, más próximo al valor obtenido.

(4) *Proceso de Fabricación* A menos que se conozca con certidumbre el método de fabricación del hierro dúctil, debe asumirse que es hierro dúctil fundido en molde que tenga una tensión de ruptura S de 11,000 psi y un módulo de ruptura R, de 31,00 psi.

(b) Antes de incrementar la máxima presión admisible de operación, se deberán adoptar las siguientes medidas:

(1) Revisar la condición física de, según se requiere en el párrafo 845.61(c).

(2) Reforzar adecuadamente o anclar los desvíos o arranques, curvas y extremos cerrados en tubería conectada o enchufada por espiga y campana para evitar el movimiento de la tubería, si es que los desvíos, arranques, curvas y extremos cerrados llegaran a quedar expuestos por excavación.

(3) Instalar dispositivos adecuados en las líneas de servicio para regular y limitar la presión del gas en

conformidad con el párrafo 845.243. Si la nueva y mayor máxima presión admisible de operación va a estar por encima de los 60 psi.

(c) Si después de cumplir con el párrafo 845.64(a) y (b), se establece que el sistema principal es capaz de soportar bajo condiciones de seguridad la nueva y más alta máxima presión admisible de operación propuesta, la presión podrá incrementarse según indica el párrafo 845.61(c).

**845.65 Incremento de la Presión de un Sistema de Distribución que Haya Estado Operando a Pulgadas de Agua (Baja Presión), a una Alta Presión**

(a) Además de las precauciones especificadas en el párrafo 845.61(c) y los requerimientos aplicables contenidos en los párrafos 845.63 y 845.64, se deberán dar los siguientes pasos:

(1) Instalar dispositivos reguladores de presión en el medidor de cada cliente.

(2) Verificar que el segmento al que se esté incrementado la presión se halle físicamente desconectado de todos los demás segmentos de línea que continuarán en operación a baja presión (de pulgadas de agua).

(b) Después de efectuar los pasos indicados en (a) de líneas arriba, la presión deberá aumentar por incrementos parciales, sin embargo se deberán tomar medidas para verificar que los reguladores de los clientes estén funcionando satisfactoriamente.

**846 VÁLVULAS<sup>7</sup>**

**846.1 Espaciamiento Requerido de Válvulas**

**846.11 Líneas de transporte**

(a) Exceptuando las instalaciones de costa afuera, se deberán instalar válvulas de cierre sección alisadoras en los ductos nuevos de transporte al tiempo de efectuar la construcción. Al determinar el espaciamiento de las válvulas seccionadoras, se deberá brindar principal atención a las ubicaciones que proveen acceso permanente al las válvulas. Otros factores incluyen la conservación del gas, tiempo para despresurizarla sección aislada, continuidad del servicio del gas, flexibilidad necesaria para la operación, desarrollo futuro esperado, dentro de la sección de espaciamiento de válvulas, y las condiciones naturales significativas que pudieran afectar adversamente la operación y seguridad de la línea.

(b) No obstante las consideraciones de (a) de líneas arriba, el espaciamiento entre válvulas en una nueva línea de transporte, no deberá exceder los siguientes valores:

(1) 20 millas (32 km) en áreas en las cuales predominen las Localidades Clase 1.

(2) 15 millas (24 km) en áreas en las cuales predominen las Localidades Clase 2

(3) 10 millas (16 km) en áreas en las cuales predominen las Localidades Clase 3.

(4) 5 millas (8 km) en áreas en las cuales predominen las Localidades Clase 4.

(c) El espaciamiento definido en (b) de líneas arriba, podrá ser ajustado ligeramente para permitir que una válvula se instale en una ubicación más accesible, siendo el acceso permanente la consideración principal.

<sup>7</sup> Véase en los párrafos 849.12 y 849.13 las disposiciones acerca de las válvulas en líneas de servicio.

**846.12** Las válvulas en líneas principales de distribución, ya sea para propósitos de operación o de emergencia, deberá estar espaciadas como se indica a continuación:

(a) *Sistemas de Distribución de Alta Presión.* Las válvulas en los sistemas de distribución de alta presión deberán instalarse en ubicaciones accesibles para reducir el tiempo de cierre de una sección de línea principal en una emergencia. Al determinar el espaciamiento de las válvulas, se debe tomar en consideración la presión de operación y el tamaño de las líneas principales y las condiciones físicas locales, así como el número y tipo de consumidores que pudieran ser afectados por un cierre o paro.

(b) *Sistemas de Distribución de Baja Presión.* Podrán usarse válvulas en los sistemas de distribución de baja presión, aunque no son requeridas excepto según se especifica en el párrafo 846.22(a).

## **846.2 Ubicación de Válvulas**

### **846.21 Válvulas de Transmisión**

(a) Las válvulas de bloque seccionadoras deben ser accesibles y estar protegidas de daños y acción de entrometidos o sabotaje. Si se trata de una válvula de despresurización, deberá estar ubicada donde el gas pueda soltarse a la atmósfera sin un riesgo indebido.

(b) Las válvulas seccionadoras podrán ser instaladas por encima del nivel del suelo, en una cámara o enterradas. En todas las instalaciones se deberá tener un dispositivo fácilmente accesible a las personas autorizadas para abrir o cerrar la válvula. Todas las válvulas deberán estar debidamente sujetas para evitar el asentamiento o movimiento de la tubería a la que están conectadas.

(c) Las válvulas de despresurización deberán estar provistas de manera que cada sección del ducto entre las válvulas de la línea principal pueda ser despresurizada. Los tamaños y las capacidades de las conexiones para despresurizar la línea deberán ser tales que bajo condiciones de emergencia, la sección de la línea pueda despresurizarse tan rápidamente como sea posible.

(d) El presente Código no requiere el uso de válvulas automáticas ni tampoco implica el Código que el uso de válvulas automáticas de desarrollo actual vayan a proveer protección plena a un sistema de tubería. Su uso e instalación deberán quedar a discreción o criterio de la empresa operadora.

### **845.22 Válvulas del Sistema de Distribución**

(a) No se deberá instalar una válvula en la tubería de entrada de cada estación reguladora que controle el flujo o la presión del gas en un sistema de distribución. La distancia entre la válvula y el regulador o los reguladores, deberá ser suficiente como para permitir la operación de la válvula durante una emergencia, tal como una fuga significativa de gas, o un incendio en la estación.

(b) Las válvulas en las líneas principales de distribución, ya sea para propósitos de operación o de emergencia, deberá estar ubicadas de una manera que vaya a proveer acceso inmediato y facilitar su operación durante una emergencia. Esto implica que donde se tenga una válvula instalada en una caja enterrada, o en un cerramiento, solamente se deberá tener acceso inmediato al vástago o mecanismo de accionamiento de la válvula. La caja, cámara

o cerramiento deberá estar instalada de manera que se evite transmitir cargas externas a la línea principal.

## **847 CÁMARAS**

### **847.1 Requerimientos de Diseño Estructural**

Las cámaras subterráneas o pozos para válvulas, las estaciones aliviadoras de presión, limitadoras de presión o estaciones de regulación de presión, deberán estar diseñadas y construidas en conformidad con las siguientes disposiciones:

(a) Las cámaras y pozos deberá ser diseñadas de acuerdo con las buenas prácticas de ingeniería estructural, para poder absorber las cargas que se les puedan imponer.

(b) Se deberá proveer suficiente espacio de trabajo de manera que todo el equipo requerido en la cámara, pueda ser instalado apropiadamente, operado y mantenido.

(c) En el diseño de las cámaras y pozos para equipos de limitación de presión, aliviado de presiones, y regulación de presión. Se deberá tomar en cuenta la protección del equipo instalado contra cualquier daño, tal como el resultante de una explosión dentro de la cámara o pozo que pudiera causar que porciones del techo o cubierta caigan dentro de la cámara.

(d) La tubería entrante a las cámaras o pozos reguladores deberá ser de acero NPS 10 y diámetros menores, excepto por la tubería de control y medición, que podrá ser de cobre. En los lugares donde la tubería se extienda a través de la estructura de la cámara o del pozo, se deberán tomar medidas para evitar el paso de gases o líquidos a través de las aberturas, o para evitar las tensiones en la tubería. El equipo y la tubería deberán hallarse sostenidos adecuadamente por soportes metálicos, de albañilería o de hormigón. La tubería de control, deberá ser colocada y apoyada en la cámara o pozo de manera que su exposición a lesiones o daños, se reduzca a un mínimo.

(e) Las aberturas de la cámara o pozo, deberán estar localizadas de manera que se minimice el peligro de que puedan caer herramientas u otros objetos sobre el regulador, tubería u otros equipos. La tubería de control y las partes operativas del equipo instalado no deben estar ubicados debajo de la abertura de la cámara o pozo, donde los trabajadores puedan pisarlas al ingresar o salir de la cámara o pozo, a menos que tales partes se hallen adecuadamente protegidas.

(f) Toda vez que una abertura de cámara o pozo vaya a ubicarse por encima de los equipos que puedan dañarse por la caída de una tapa, se deberá instalar una tapa circular, o se deberá tomar otra precaución adecuada.

### **847.2 Accesibilidad**

Se deberá tomar en cuenta la accesibilidad cuando se selecciona el sitio para una cámara. Algunos de los factores importantes a considerarse cuando se selecciona la ubicación de una cámara, son los siguientes:

(a) *Exposición al Tráfico.* La ubicación de cámaras en intersecciones de calles o en puntos donde el tráfico es pesado o denso, debe evitarse.

(b) *Exposición a Inundaciones.* Las cámaras no deberán ubicarse en puntos de mínima elevación, cerca de cuencas de captura, o donde la tapa de acceso se halle en el curso de aguas superficiales.

(c) *Exposición a Riesgos Adyacentes Sub-superficiales.* Las cámaras deben hallarse lo más lejos posible de las instalaciones de agua, eléctricas, de vapor u otros servicios.

### 847.3 Sellado de Cámaras, Venteo y Ventilación

Las cámaras subterráneas y los pozos de tapa cerrada, que contenga ya sea una estación de regulación de presión o una de reducción de presión o una estación limitadora o aliviadora de presión, deberán ser selladas, venteadas y ventiladas, de la siguiente manera:

(a) Cuando el volumen interno excede los 200 pies cúbicos (5.7 m<sup>3</sup>), tales cámaras o pozos deberán ser ventilados con dos ductos, siendo que cada uno de ellos tenga el efecto de ventilación de un tubo de 4 NPS.

(b) La ventilación provista deberá ser suficiente como para minimizar la formación de una atmósfera combustible dentro de la cámara o pozo. Los venteos asociados con el equipo de regulación de presión o de aliviado de presión, no deben hallarse conectados a la cámara o a la ventilación del pozo.

(c) Los ductos se deben extender a una altura adecuada por encima del suelo, para dispersar cualquier mezcla de gas y aire que pudiera ser descargada. El extremo externo de los ductos deberá estar equipado con un accesorio adecuada a prueba de intemperie o cabeza de venteo diseñado para evitar que materias extrañas puedan ingresar y obstruir el ducto. El área efectiva en tales accesorios o cabezas de venteos, deberá ser por lo menos igual al área transversal de un ducto NPS 4. La sección horizontal de los ductos deberá ser lo mas corta que resulte práctico hacerlo, y deberá tener una ligera inclinación para evitar la acumulación de líquidos dentro de la línea. El número de curvas y desvíos, deberá reducirse al mínimo y se deberán incorporar medidas para facilitar la limpieza periódica de los ductos.

(d) Las cámaras o pozos que tengan un volumen interno entre 75 y 200 pies cúbicos (2.1 a 5.7 m<sup>3</sup>) podrá ser ya sea selladas, venteadas o ventiladas. Si están selladas, todas las aberturas deberán estar equipadas con tapas que den un buen ajuste, sin tener agujeros abiertos por los cuales pudiera llegar a inflamarse una mezcla explosiva. Deberán proveerse medios para probar la atmósfera interna antes de retirar la tapa. Si hay venteo, se deberán proveer medios para evitar que fuentes externas de ignición puedan ingresar a la atmósfera de la cámara. Si es que hay ventilación, se aplicarán las disposiciones de los sub- párrafos (a), (b) y (c) de líneas arriba o el (e) de debajo.

(e) Si las cámaras o pozos a los que se hace referencia en (d), de líneas arriba, se ventilan por medio de aberturas en las tapas o por rejillas, y la relación del volumen interno en pies cúbicos a la superficie efectiva de ventilación de la tapa o la rejilla en pies cuadrados es menos de 20 a 1, (o volumen en m<sup>3</sup> a superficie de rejilla en m<sup>2</sup> de 6.1 a 1), no se requiere ventilación adicional.

(f) Las cámaras o pozos que tengan un volumen interno menor a 75 pies cúbicos (2.112 m<sup>3</sup>), no tienen requerimientos específicos.

### 847.4 Drenaje e Impermeabilización

(a) Deberán tomarse disposiciones para minimizar la entrada de agua a las cámaras. Así y todo, el equipo de las cámaras, siempre deberá diseñarse para operar en condiciones de seguridad, en caso de que se encuentre sumergido.

(b) Ninguna cámara que contenga tuberías de gas se deberá conectar por medio de una conexión de drenaje a ninguna otra sub- estructura, tal como una alcantarilla.

(c) El equipo eléctrico dentro de las cámaras, deberá estar en conformidad con los requerimientos del material Clase 1, Grupo D, de ANSI / NFPA 70.

## 848 MEDIDORES Y REGULADORES DE PROPIEDAD DEL CLIENTE

### 848.1 Ubicación de las Instalaciones de los Medidores y Reguladores de Propiedad del Cliente

(a) Los medidores y reguladores de propiedad del cliente, podrán estar ubicados tantito dentro como fuera de los edificios, dependiendo de las condiciones locales, excepto por el hecho de que las líneas de servicio que requieren regulación de serie, de conformidad con el párrafo 845.243(a), el regulador de aguas arriba, deberá estar ubicado fuera del edificio.

(b) Cuando se halle instalado dentro del edificio, el regulador de servicio deberá hallarse en una ubicación fácilmente accesible, cerca al punto de ingreso de la línea de servicio de gas, y cuando resulte práctico, los medidores deben instalarse en la misma ubicación. Ni los medidores ni los reguladores, deberán nunca instalarse en dormitorios, roperos, o cuartos de baño, bajo escaleras combustibles, en lugares inaccesibles o mal ventilados, a cercanos a menos de 3 pies de distancia de una fuente de ignición, incluyendo hornos o calentadores de agua. Las líneas que se hallen en servicio abasteciendo a grandes clientes industriales o instalaciones donde el gas se usa a presiones más elevadas que la presión estándar de servicio, los reguladores podrán ser instalados en otras ubicaciones fácilmente accesibles.

(c) Cuando estén ubicadas en el exterior de los edificios, los medidores y reguladores de servicio se deben instalar en ubicaciones fácilmente accesibles, donde pueda ser protegidas razonablemente contra daños.

(d) Los reguladores que requieran venteos para su operación apropiada y efectiva, deberán ser ventados hacia la atmósfera exterior en conformidad con las disposiciones del párrafo 848.33. Deberán proveerse venteos individuales para cada regulador.

### 848.2 Presiones de Operación para las Instalaciones del Medidor del Cliente

No se deberán usar medidores que tengan carcasas o cuerpos de hierro o de aluminio, cuando la presión de operación sea mayor a la presión de operación especificada para el medidor. Los nuevos medidores con caja de acero estañado, no se deberán usar a una presión que exceda el 50% de la presión de prueba del fabricante; los medidores de caja de acero estañado reacondicionadas no se usarán a una presión en exceso de 50% de la presión usada para probar el medidor después de su reacondicionamiento.

### 848.3 Protección contra Daños de las Instalaciones del Medidor y el Regulador del Cliente

848.31 Los medidores y los reguladores de servicio no deben ser instalados donde sea posible que ocurra un rápido deterioro causado por la corrosión u otras causas, a menos que se tomen medida probadas para protegerlas contra tal deterioro.

848.32 Un dispositivo protector adecuado, tal como un regulador de contra- presión o una válvula de cierre, deberán instalarse aguas debajo del medidor si se requiere y según se requiera bajo las siguientes condiciones:

(a) Si la naturaleza de la utilización de equipo es tal que podría producir un vacío en el medidor, instalar un regulador de contra- presión aguas abajo del medidor.

(b) Instalar una válvula de retención o una equivalente, si:

(1) la utilización del equipo pudiera producir una contra- presión.

(2) el equipote utilización de gas está conectado a una fuente de oxígeno o aire comprimido

(3) se utiliza gas licuado de petróleo u otro gas suplementario como respaldo y éste pudiera fluir hacia atrás y dentro del medidor. Podría substituirse la válvula de retención, con una válvula de tres vías instalada para admitir la provisión de gas de respaldo y al mismo tiempo cerrar la provisión o flujo normal de gas, si así se desea.

**848.33** Todos los venteos del regulador de servicio y los venteos de alivio, donde se requiera, deberán terminar en el exterior, con salida al aire, protegida con accesorios que no permitan el paso de agua de lluvia e insectos. El extremo abierto del venteo, deberá estar ubicado donde el gas pueda escapar libremente hacia la atmósfera y lejos de cualquier abertura de los edificios, si es que ocurriera una falla del regulador que dé por resultado un escape de gas. En los sitios en los cuales los reguladores de servicio pudieran hallarse sumergidos durante las inundaciones, se deberá instalar ya sea un accesorio especial de venteo de tipo respirador anti-inundación, o la línea de venteo deberá extenderse por encima de la altura de las aguas de inundación esperadas.

**848.34** Las cámaras y pozos que alojen los medidores y reguladores del cliente, deberá estar diseñados para soportar el tráfico vehicular cuando se instalen en las ubicaciones siguientes:

(a) porciones de pasillos, calles y carreteras con paso de vehículos.

(b) entradas de vehículos

#### **848.4 Instalación de Medidores y Reguladores**

Todos los medidores y reguladores se deberán instalar de tal manera que se eviten las tensiones indebidas sobre la tubería de conexión y / o el medidor. No se deberán usar conexiones hecha de plomo (Pb) u otras conexiones realizadas con materiales que pueden dañarse fácilmente. Se prohíbe el uso de niples de rosca completa (en toda la longitud) de peso estándar.

### **849 LÍNEAS DE SERVICIO DE GAS**

#### **849.1 Disposición General Aplicable a las Líneas de Servicio de Acero, Cobre y Plástico**

(a) Las líneas de servicio deberán instalarse a una profundidad que las proteja contra la carga externa excesiva y actividades locales, tales como la jardinería. Se requiere un mínimo de 12 pulgadas (30 cm) de cobertura cuando se está en propiedad privada y deberá proveerse un mínimo de cobertura de 18 pulgadas (45 cm) en calles y caminos. En los lugares donde estos requerimientos de cobertura no puedan cumplirse debido a sub- estructuras existentes, se permitirá una cobertura menor, siempre que tales porciones de éstas líneas de servicio que estén sujetas a cargas superpuestas excesivas, se protejan con revestimiento (encamisado) o se l

as pase mediante puentes, o que la tubería sea reforzada apropiadamente.

(b) Las líneas de servicio deberán estar apropiadamente apoyadas en todos los puntos, sobre suelo no perturbado y bien compactado, de mane que la tubería no quede sujeta a cargas externas excesivas por el relleno. El material usado para el relleno, deberá estar libre de piedras, materiales de construcción, etc., que pudieran causar daño a la tubería o al revestimiento de protección.

(c) Donde exista evidencia de que se tiene condensado en el gas en cantidades suficientes como para causar la interrupción del abastecimiento de gas al cliente, la línea de servicio deberá disponerse de manera que se pueda drenar hacia una salida o a drenes en los puntos bajas de la línea de servicio.

#### **849.12 Tipos de Válvulas Adecuadas como Válvulas de Línea de Servicio**

(a) Las válvulas usadas como válvulas de línea de servicio deberán cumplir con los requerimientos aplicables de los párrafos 810 y 831.1.

(b) No se recomienda el uso de válvulas de servicio de asiento suave cuando el diseño de las válvulas es tal que la exposición al calor excesivo pudiera afectar adversamente la capacidad de la válvula de cerrar el flujo de gas.

(c) Una válvula incorporada en una barra de medidor, que permite que el medidor se pueda evitar mediante un desvío (by-pass), no se reconoce como una válvula de línea de servicio, bajo el presente Código.

(d) Las válvulas de las líneas de servicio en líneas de servicio de alta presión, instaladas ya sea dentro de los edificios o en ubicaciones confinadas fuera de los edificios donde una suelta o escape de gas sería peligrosa, deberán ser diseñadas y construidas para minimizar la posibilidad de la remoción del núcleo de la válvula accidentalmente o voluntariamente usando herramientas ordinarias que se tienen en el hogar.

(e) La empresa operadora deberá asegurarse que las válvulas de las líneas de servicio instaladas en las líneas de servicio de alta presión, sean adecuadas para este uso, ya sea efectuando sus propias pruebas o revisando las pruebas realizadas por los fabricantes.

(f) En las líneas de servicio diseñadas para operar a presiones que excedan las 60 psig, las válvulas de las líneas de servicio deberán ser el equivalente de una válvula de presión lubricada o la de una válvula de tipo de aguja. Pueden usarse otros tipos de válvulas donde las pruebas por parte del fabricante o por parte del usuario hayan indicado que son adecuadas para este tipo de servicio.

#### **849.13**

(a) Las válvulas de línea de servicio deberán ser instaladas en todas las líneas de servicio nuevas (incluyendo los reemplazos) en una ubicación fácilmente accesible desde el exterior.

(b) Las válvulas deberán estar ubicadas aguas arriba del medidor si es que no hay regulador, o aguas arriba del regulador, si es que existe un regulador.

(c) Todas las líneas de servicio que operen a una presión mayor a las 10 psig y todas las líneas de servicio con tubería NPS 2 o mayores, deberán estar equipadas con una válvula ubicada en la línea de servicio, afuera del edificio excepto en el caso en que se abastece gas a un teatro, iglesia, escuela fábrica, u otro edificio donde se reúnen grandes cantidades de personas, donde se requerirá una válvula

## CAPÍTULO VI CONTROL DE CORROSIÓN

### 860 CONTROL DE CORROSIÓN

#### 861 ALCANCE

(a) El presente capítulo contiene los requerimientos mínimos y procedimientos para el control de corrosión de tubería metálica y componentes, expuesta, enterrada y sumergida. (Véase en el Capítulo VIII los requerimientos especiales para el caso de costa afuera.) El presente capítulo contiene los requerimientos mínimos y los procedimientos para controlar la corrosión externa (incluyendo la atmosférica) e interna. Este Capítulo es aplicable a los nuevos diseños e instalaciones de sistemas nuevos de tubería y a la operación y mantenimiento de sistemas de tuberías existentes.

(b) Las disposiciones del presente capítulo de deberán aplicar bajo la dirección de personal de corrosión que sea competente. No puede anticiparse toda y cada una de las situaciones específicas, por lo tanto, la aplicación y evaluación de las prácticas de control de corrosión, requieren la aplicación del buen criterio de personas competentes para mitigar la corrosión.

(c) Se permiten desviaciones de las disposiciones del presente Código en situaciones específicas, siempre que la compañía operadora pueda demostrar que los objetivos aquí expresados, han sido logrados.

(d) Los requerimientos de control de corrosión y los procedimientos, pueden, en varias instancias, requerir medidas adicionales a las que se muestran en este Capítulo. Cada compañía operadora deberá establecer procedimientos para implementar su propio programa de control de corrosión, incluyendo los requerimientos del presente Capítulo, para alcanzar los objetivos deseados. Los procedimientos, incluyendo los de diseño. Instalación y mantenimiento de sistemas de protección catódica, se deberán preparar e implementar, y efectuar bajo la dirección de personas calificadas por capacitación y/o experiencia en métodos de control de corrosión.

### 862 CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNA

#### 862.1 Instalaciones Nueva

**862.111 General.** Todos los ductos de transporte nuevos, tubería de estación de compresión, líneas principales de distribución, líneas de servicio, y recipientes de tipo tubería o de tipo botella instalados según el presente Código, con excepción de párrafo 862.113, que permite otra cosa, deberán hallarse externamente revestidas y protegidas catódicamente, a

menos que pueda demostrarse mediante pruebas o experiencia que los materiales son resistentes a la corrosión en el ambiente en el cual estén instaladas. Se deberá tomar en cuenta el manejo, despacho, transporte, almacenamiento, condiciones de instalación, el medio ambiente de servicio y los requerimientos de protección catódica, al seleccionar los materiales de revestimiento. El *Estudio de Información de Corrosión (The Corrosion Data Survey)*, publicado por NACE (National Association of Corrosion Engineers, Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión), es una buena fuente de información sobre el desempeño o rendimiento de los materiales en medios corrosivos.

#### 862.112 Requerimientos de Recubrimiento

(a) La preparación de superficies deberá ser compatible con el revestimiento a ser aplicado. La superficie de la tubería deberá hallarse libre de material deletéreo, tales como herrumbre, costras, humedad, suciedad, aceites, lacas y barnices. La superficie se deberá inspeccionar para verificar que no hayan irregularidades que pudieran sobresalir a través del recubrimiento. Tales irregularidades se deberán eliminar. Puede obtenerse mayor información en NACE RP-02-75.

(b) Se deberán seleccionar revestimientos adecuados, incluyendo revestimientos de campo para las juntas y parches o tejos de reparación, atendiendo a las condiciones de manejo, despacho, transporte, almacenamiento, instalación, absorción de humedad, temperaturas de operación del ductos, factores ambientales (incluyendo la naturaleza del suelo en contacto con el revestimiento), características de adherencia y resistencia dieléctrica.

(c) El revestimiento deberá ser aplicado de manera que se asegure su efectiva adherencia a la tubería. Se deberá evitar sitios sin revestir, arrugas, puntos sin revestir (holidays) y el atropamiento de gas.

(d) El revestimiento deberá ser inspeccionado visualmente para verificar que no hayan defectos antes de que la tubería sea bajada a la zanja. Los revestimientos de tipo aislamiento en líneas principales y líneas de transporte, se deberán inspeccionar buscando puntos vacíos (sin revestir) o holidays, por medio del método más apropiado. Los defectos de revestimiento o daños que pudieran impedir el control de corrosión efectivo, deberán ser reparados antes de que la tubería se instale en la zanja.

(e) Además de las disposiciones del párrafo 841.222, 841.252 y 841.253, se deberá tener cuidado al manejar, almacenar, e instalar la tubería, para evitar dañar el revestimiento, incluyendo medidas como las que se indican a continuación.

(1) Minimizar el manejo de la tubería revestida. Úsense equipos que sean los que menos dañen al revestimiento; por ejemplo, cinturones o canastillas de sogas en lugar de cables de acero.

(2) Úsense patines acolchados cuando resulte apropiado.

(3) Apílese o almacénese la tubería de manera que se minimice el daño al revestimiento.

**862.113 Requerimientos de Protección Catódica.** A menos que se pueda demostrar mediante pruebas o experiencia que la protección catódica no se necesita, todas las instalaciones enterradas o sumergidas que lleven revestimientos de tipo de aislamiento, exceptuando las instalaciones armadas con una vida de servicio limitada, deberán protegerse catódicamente, tan pronto como resulte factible después de su instalación. Los reemplazos menores o extensiones, se deberán proteger según lo que indica el párrafo 862.212.

Las instalaciones armadas para una vida de servicio limitada, no se necesitan proteger catódicamente si se puede demostrar que la instalación no experimentará corrosión que la haga perjudicial al público o al medio ambiente. Los sistemas de protección catódica se deberán diseñar para proteger el sistema enterrado o sumergida, en su totalidad. Se considera que una instalación se halla protegido catódicamente, cuando cumple uno o más de los criterios establecidos en el Apéndice K.

#### **862.114 Aislamiento Eléctrico**

(a) Todos los sistemas de transporte y distribución revestidos, deberán ser aislado eléctricamente en todas las interconexiones con sistemas ajenos, incluyendo las líneas de combustible de los clientes, exceptuando cuando las estructuras metálicas subterráneas estén conectadas eléctricamente y protegidas catódicamente como una unidad. Los ductos de acero se deberán aislar eléctricamente del hierro fundido, hierro dulce, o ductos de metales no ferrosos y sus componentes. Se deberán efectuar pruebas eléctricas de los sistemas de transporte y distribución para localizar contactos no intencionales con otras estructuras metálicas. Si tales contactos existen, deberán ser corregidos. Véase el párrafo 841.143 donde se dan los requerimientos de holguras o distancias de paso.

(b) En los lugares en que el ducto corra paralelo a líneas eléctricas de transmisión, se deberá prestar atención a:

(1) Investigar la necesidad de proteger las juntas de aislamiento en el ducto, contra voltajes inducidos resultantes de fallas en el suelo y rayos. Tal protección puede lograrse conectando ánodos galvanicos enterrados, con la tubería, cerca de las juntas de aislamiento y/o mediante otros métodos efectivos

(2) efectuando un estudio, en colaboración con la compañía eléctrica, en el que se tomen en cuenta los siguientes factores y se apliquen medidas de corrección o remediación, según resulte apropiado.

(a) la necesidad de mitigar voltajes inducidos de corriente alterna o sus efectos sobre la seguridad del personal durante la construcción y operación del ducto, por medio de diseños adecuados para conectar, proteger o aterrizar los elementos.

(b) la posibilidad de que corrientes inducidas por los rayos o corrientes de falla induzcan voltajes suficientes como para perforar el revestimiento de la tubería o la tubería en sí

(c) posibles efectos adversos en la protección catódica, las comunicaciones, u otras instalaciones electrónicas

(d) los efectos corrosivos de sistemas de potencia de corriente continua de alto voltaje (high voltage direct current, HVDC).

(3) Obtener mayor información de NACE RP-01-77 y EPRI EL-3106.

#### **862.115 Conexiones Eléctricas y Puntos de Monitoreo**

(a) Exceptuando los ductos costa fuera. Se deberán instalar suficientes puntos de control para demostrar la efectividad del control de corrosión o la necesidad de protección catódica. (Véase el Capítulo VIII donde hay disposiciones especiales para Ductos costa fuera.)

(b) Se deberá prestar especial atención a la forma de instalación de los terminales eléctricos usados para el control de corrosión o para pruebas, de manera que se eviten concentraciones de esfuerzos perjudiciales en el punto de unión con el tubo. Los métodos aceptables, incluyen aunque no quedan limitados a los siguientes:

(1) terminales eléctricos unidos directamente a la tubería o mediante el proceso de soldadura térmica usando polvo de óxido de cobre y aluminio. El tamaño de la carga de soldadura térmica no deberá sobrepasar el de un cartucho de 15 g.

(2) unión de los terminales eléctricos directamente a la tubería mediante el uso de soldadura blanda u otros materiales que no implican temperaturas que exceden aquellas que se usan en la soldadura blanda.

(c) Toda tubería que tiene proyecciones en forma de varillas, para la conexión de terminales eléctricos y todos los alambres de terminales eléctricos con forma de barra, deberán ser protegidos mediante material de aislamiento compatible con el revestimiento existente.

#### **862.115 Interferencia Eléctrica**

(a) Los sistemas de protección catódica por corriente impresa, deberán ser diseñados, instalados, y operados de tal manera que se minimicen los efectos adversos de las estructuras metálicas existentes.

(b) Se deberán efectuar pruebas de campo para determinar la interferencia eléctrica adversa de estructuras ajenas, incluyendo instalaciones eléctricas de corriente continua. Los efectos deberán ser

mitigados mediante medios tales como conexiones de control, protección catódica complementaria, revestimientos protectores y dispositivos de aislamiento.

**852.117 Tuberías de Revestimiento o Camisas (Casing).** Se deberá evitar en lo posible el uso de revestimientos metálicos, desde el punto de vista del control de corrosión. Se reconoce, sin embargo, que frecuentemente se requiere la instalación de revestimiento metálico para facilitar la construcción, y como un método económico de proteger los ductos existentes, para proveer protección estructural contra cargas pesadas y/o de impacto, para facilitar el reemplazo según lo requieran las instituciones gubernamentales o a petición del propietario de la tierra o cedente del permiso, y por otras razones. Cuando se utilice revestimiento metálico, se deberá tener cuidado de que el revestimiento de la tubería portadora no se dañe durante la instalación. La tubería portadora deberá de aislarse de la tubería de revestimiento exterior, y los extremos de la tubería de revestimiento, deberán sellarse con un material durable para minimizar la acumulación de sólidos y líquidos en el espacio anular. Se deberá prestar especial atención a los extremos de la tubería de revestimiento para evitar el corte eléctrico debido al movimiento y asentamiento del relleno. Cuando no se haya alcanzado el aislamiento eléctrico, se deberá tomar acción para corregir la condición o mitigar la corrosión dentro del revestimiento, mediante la protección catódica complementaria localizada, la instalación de un material inhibido de alta resistividad en el espacio anular, u otros medios efectivos.

#### **852.12 Protección Atmosférica**

(a) Las instalaciones expuestas a la atmósfera, se deberán proteger contra la corrosión externa mediante un revestimiento adecuado o una camisa.

(b) La superficie a revestir deberá hallarse libre de materiales deletéreos, tales como herrumbre, costras, humedad, suciedad, aceite, laca y barniz. La preparación de superficies deberá ser compatible con el revestimiento o camisa a ser aplicada.

(c) El revestimiento o camisa seleccionada deberá poseer características que provean una protección adecuada del medio ambiente. Los revestimientos y camisas deberán cubrir completamente la estructura expuesta y deberán ser aplicados en conformidad con las especificaciones establecidas o las recomendaciones del fabricante.

(d) Se deberá prestar especial atención a las superficies cercanas a la línea de tierra o en una zona de chapoteo.

**863.13 Otros Materiales.** Cuando la experiencia o la investigación indiquen que el ambiente en el cual se va a instalar un tubo o un componente, es notablemente

corrosivo, se deberán considerar los siguientes aspectos:

- (a) la geometría de los materiales y los componentes, deberá ser diseñada para resistir la corrosión perjudicial
- (b) un revestimiento adecuado
- (c) protección catódica

#### **862.2 Instalaciones Existentes**

Se deberán establecer procedimientos para evaluar la necesidad de la efectividad de un programa de control de corrosión. Se deberán tomar acciones correctivas apropiadas, acorde con las condiciones que se hallen. Los procedimientos y acciones, deberán incluir, aunque no se deberán limitar a los ítems señalados en los párrafos 862.21 hasta 862.25.

#### **862.21 Instalaciones de Acero Enterradas**

##### **862.211 Evaluación**

(a) Los registros disponibles como un resultado de los estudios y el trabajo normal de mantenimiento en conformidad con los párrafos 852.2 y 852.6, se deberán revisar continuamente verificando si hay evidencia de corrosión continua.

(b) Pueden usarse los métodos de estudios eléctricos, como una indicación de áreas sospechosas de corrosión donde las condiciones de superficie permitan mediciones suficientemente precisas. Tales estudios son más efectivos en ambientes no urbanos. Los métodos comunes de estudios eléctricos, incluyen los siguientes:

- (1) potencial de tubo- a- suelo
- (2) potenciales de superficie (célula a célula)
- (3) mediciones de la resistividad del suelo normal

(c) La efectividad continua de un sistema de protección catódica se deberá monitorear en conformidad con el párrafo 862.217.

##### **862.212 Medidas Correctivas**

(a) Si mediante la evaluación efectuada siguiendo los párrafos 862.211 ú 862.217(d), se descubre que la corrosión continuada, a menos que se la controle, da por resultado una condición que sea perjudicial a la seguridad pública o la de los empelados, se deberán tomar medidas correctivas apropiadas para mitigar mayor avance de la corrosión en el sistema o segmento de tubería. Las medidas correctivas se deberán seguir aplicando mientras se requiera para mantener un sistema de operación segura. Las medidas correctivas apropiadas, podrán incluir las siguientes:

- (1) disposiciones para una operación apropiada y continua de instalaciones de protección catódica
- (2) aplicación de revestimientos protectores
- (3) instalación de ánodo(s) galvánico(s)
- (4) aplicaciones de corriente impresa
- (5) aislamiento eléctrico
- (6) control de corriente parásita

- (7) otras medidas efectivas
- (8) cualquier combinación de las anteriores
- (b) Donde la experiencia o las pruebas indiquen que los métodos de mitigación de líneas arriba no controlarán la corrosión continua a un nivel aceptable, el segmento deberá ser reacondicionado o reemplazado y protegido adecuadamente.

**862.213 Reparación de Tubería Corroída.** Si el avance de la corrosión ha reducido la resistencia de una instalación por debajo de su máxima presión admisible de operación, la porción deberá ser reparada, reacondicionada, o reemplazada, o la presión de operación se deberá reducir, en proporción con la resistencia remanente de la tubería corroída. Para ductos de acero que operen a un 40% o mayor de la mínima tensión de fluencia especificada, la resistencia remanente de la tubería corroída, podrá determinarse de acuerdo con el Apéndice L. Para obtener información de respaldo referente al apéndice L, hágase referencia a ANSI/ASME B31G, titulado *Manual para Determinar la Resistencia Remanente de Ductos Corroidos*.

- 862.214 Criterios de Protección Catódica**
- (a) Se considera que una instalación está catódicamente protegida cuando cumple con uno o más de los criterios establecidos en el Apéndice K.
  - (b) No se tiene el propósito de que la protección catódica se limite a estos criterios, si es que se puede demostrar por otros medios que se ha logrado el adecuado control de la corrosión.

- 862.215 Interferencia Eléctrica**
- (a) La interferencia eléctrica adversa de o hacia estructuras extrañas, según se determine mediante pruebas de campo, deberá ser mitigada.
  - (b) Las instalaciones para mitigar la interferencia eléctrica deberán ser monitoreadas periódicamente.

- 862.216 Examen de Elementos expuestos**
- (a) Toda vez que una instalación enterrada se exponga durante las actividades del mantenimiento normal o la construcción, se deberá efectuar una inspección visual de la condición del revestimiento y/o de la superficie metálica, si es que se halla expuesta.
  - (b) El grado de cualquier corrosión, se deberá evaluar de acuerdo con el párrafo 862.213.

- 862.217 Operación y Mantenimiento de un Sistema de Protección Catódica**
- (a) Se deberán efectuar inspecciones, según se requiera, para mantener en operación continua y efectiva el sistema de protección catódica.
  - (b) Se deberán efectuar pruebas eléctricas periódicamente, para determinar que el sistema de tuberías esté protegido en conformidad con los criterios aplicables.
  - (c) El tipo, frecuencia y ubicación de las inspecciones y pruebas, deberá ser adecuado a

establecer con razonable precisión, el grado de protección que se provea al sistema de tuberías. La frecuencia deberá ser establecida mediante la consideración de los ítems incluyendo aunque no limitándose a los siguientes:

- (1) condición de la tubería
- (2) método de protección catódica
- (3) corrosividad del ambiente
- (4) probabilidad de pérdida o interrupción de la protección
- (5) experiencia de operación, incluyendo inspecciones e investigaciones de fugas
- (6) vida proyectada de la instalación de protección catódica
- (7) seguridad del público y los empleados
- (d) Cuando las pruebas o los estudios indiquen que no existe el grado apropiado de protección, se deberán aplicar medidas correctivas adecuadas.

**862.218 Tuberías de Revestimiento (Camisas).** El aislamiento eléctrico de los ductos y líneas principales protegidos catódicamente de las tuberías de revestimiento o camisas que son parte del sistema subterráneo, se deberán mantener como necesarias para asegurar la efectividad de la protección catódica. Las mediciones e inspecciones eléctricas, se deberán efectuar según sea necesario para proveer evidencia oportuna de cortes, que afectarían adversamente la protección catódica. Si existe evidencia de cortes entre la tubería portadora y el casing o tubería de revestimiento, que haga inefectiva la protección catódica del ducto o línea principal, o si se halla evidencia de corrosión en la tubería portadora dentro de la camisa, se deberán tomar medidas de remediación, según sea necesario para corregir la condición o minimizar la corrosión dentro del casing.

**862.22 Elementos Enterrados de Hierro Fundido, Hierro Forjado y Hierro Dúctil**

**862.221 Evaluación.** Los registros disponibles como resultado de los estudios de fugas y el trabajo normal de mantenimiento en conformidad con los párrafos 852.2 y 852.6, se deberán revisar rutinariamente para determinar las condiciones de la tubería. Se deberán tomar las medidas correctivas apropiadas en conformidad con el párrafo 862.222 si es que la revisión indicada revelara que existe una condición que pudiera afectar la seguridad del público o los empleados. El diámetro de la tubería, la presión de operación, el terreno, las construcciones subterráneas recientes, la proximidad y número de otras instalaciones subterráneas y edificios, y la condición de la tubería, deberían ser tomadas en consideración para determinar la presencia de tal condición.

**862.222 Medidas Correctivas.** La magnitud del problema dictará las medidas correctivas que se



deban considerar. Éstas podrían incluir, aunque no limitarse a las siguientes:

- (a) reparación de la tubería
- (b) reemplazo de la tubería
- (c) refuerzo de la tubería y/o sus soportes
- (d) reducción de la presión

#### **862.223 Instalación de Conexiones Eléctricas**

(a) Las conexiones eléctricas podrán efectuarse directamente a la tubería de hierro fundido o dulce, mediante el proceso de soldadura térmica usando óxido de cobre y polvo de aluminio. El tamaño de la carga del polvo de soldadura no deberá exceder el de un cartucho de 32 gramos.

(b) Toda la tubería que se haya desnudado para conexiones de terminales eléctricos de prueba, deberá ser protegida con material aislante de la electricidad, compatible con el revestimiento existente.

#### **862.224 Interferencia Eléctrica**

(a) Si se usa un sistema de protección catódica de tipo de corriente impresa, los ánodos se deberán ubicar de manera que puedan mitigar los efectos adversos de las estructuras metálicas existentes.

(b) Las interferencias eléctricas adversas provenientes de estructuras extrañas o ajenas, según se determinen por pruebas de campo, deberán ser mitigadas.

**862.23 Requerimientos para las Instalaciones de Hierro Fundido y Hierro Dúctil Expuestas a la Atmósfera.** La tubería de hierro fundido y de hierro dulce, deberá ser adecuadamente protegida en áreas donde pudiera ocurrir una corrosión atmosférica severa.

**862.24 Otros Materiales Metálicos.** Cuando se halle que un metal no ferroso o el componente de una aleación ferrosa se haya corroído hasta el punto que pudiera afectar la seguridad del público o de los empleados, deberá ser reacondicionado en conformidad con el párrafo 862.13, o reemplazado. El reemplazo, deberá cumplir con alguno de los siguientes criterios:

(a) deberá estar construido con otros materiales u otra geometría, diseñada para la vida remanente de la instalación original.

(b) deberá estar protegido católicamente, o de alguna otra manera

**862.25 Corrosión Atmosférica.** Las instalaciones expuestas a la atmósfera, deberán ser inspeccionadas periódicamente para revisar si hay indicaciones de corrosión superficial. En los lugares en que esté ocurriendo la corrosión hasta el punto que la seguridad del público o los empleados pueda ser afectada, la instalación deberá ser reacondicionada en conformidad con el párrafo 862.12, o reemplazada. Se deberá dar particular atención a las superficies que se hallen cercas a la línea de tierra.

## **863 CONTROL DE LA CORROSIÓN INTERNA**

### **863.1 General**

Cuando se transporte gas corrosivo, se deberán tomar disposiciones para proteger el sistema de tuberías de la corrosión perjudicial. El gas que contenga agua libre bajo la condición en la cual se transportará, se deberá asumir que es corrosivo, a menos que se haya comprobado que no es corrosivo mediante pruebas reconocidas o por la experiencia.

### **863.2 Instalaciones Nuevas**

Cuando se diseñe un sistema de ductos nuevo o uno de reemplazo, ducto o se hagan adiciones o modificaciones a los sistemas existentes, se deberá considerar tomar medidas para evitar y/o inhibir la corrosión interna. Para preservar la integridad y la eficiencia del ducto en el cual se conoce o se anticipa que se transportará gas corrosivo, se deberán incluir los siguientes factores en el diseño y construcción, ya sea separadamente o en combinación:

(a) Cuando se vaya a usar revestimiento interno para proteger un sistema de ductos

(1) el revestimiento deberá cumplir las especificaciones de calidad, y el espesor mínimo de película seca deberá establecerse para proteger la instalación del medio corrosivo que se tenga, sobre la base del tipo y métodos de aplicación

(2) los revestimientos aplicados se deberán inspeccionar en conformidad con las especificaciones establecidas o la práctica aceptada

(3) se deberán tomar provisiones para evitar la corrosión de las juntas o uniones, tales como la limpieza y nuevo recubrimiento con revestimiento o el uso continuado de un inhibidor adecuado cuando se usen componentes revestidos u otros componentes mediante soldadura u otros métodos para dejar el metal original expuesto.

(4) los tipos de revestimiento y las herramientas de picado utilizadas, se deberán evaluar y escoger para evitar daño al revestimiento interno, si es que se tienen que pasar chanchos o esferas por el interior del ducto.

(b) Cuando se vaya a usar un inhibidor de corrosión, como un aditivo al flujo de gas:

(1) el equipo para la sujeción, transferencia e inyección del inhibidor dentro de la corriente o flujo, deberá ser incluido en el diseño

(2) la operación del programa de inyección, deberá ser una parte de la planificación

(3) se deberá proveer suficientes sujeciones para cupones u otros equipo de monitoreo, para permitir un programa continuo de evaluaciones

(4) el inhibidor de corrosión seleccionado, deberá ser de un tipo que no cause el deterioro de ninguno de los componentes del sistema de tuberías.

(c) Cuando se planifica utilizar un sistema de chaneo de los ductos:

(1) se deberán proveer trampas para los chanchos limpiadores y/o esferas

(2) las secciones de ducto a ser recorridas por chanchos o esferas, se deberán diseñar de manera que se eviten daños a los chanchos, esferas, tubería o accesorios durante las operaciones con los primeros.

(3) la tubería para los chanchos o esferas, deberá estar diseñada para guiar la herramienta y los materiales que ellas impulsan, de manera efectiva y segura

(4) se deberán tomar medidas para la acumulación y manejo efectivo de materiales líquidos o sólidos que se eliminan del ducto mediante chanchos o esferas.

(d) Cuando se utilicen cupones de corrosión, sondas de corrosión y/o carretes de prueba:

(1) se deberán instalar cupones de corrosión, sondas de corrosión o carretes de prueba, donde resulte práctico, en ubicaciones donde exista el mayor potencial de que exista corrosión interna

(2) los cupones de corrosión, sondas de corrosión y carretes de prueba deberán ser diseñados para permitir el paso de chanchos o esferas cuando se instalen en secciones recorridas por los indicados elementos

(e) Cuando se haga tratamiento de gas para reducir su corrosividad:

(1) podrán instalarse separadores y/o equipos de deshidratación

(2) se deberá considerar también equipos para la remoción de otros materiales deletéreos

(f) El material de la tubería y otros materiales expuestos al flujo de gas, deberán resistir la corrosión interna, por lo tanto:

(1) los materiales seleccionados para la tubería y accesorios, deberán ser compatibles con los componentes del gas, los líquidos acarreados por el gas, y unos con otros. Una buena fuente de información sobre el desempeño y rendimiento de los materiales es el *Estudio de Información de Corrosión*, publicado por NACE.

(2) Donde se usen tuberías y componentes de plástico, no ferrosos, o tubería de acero de aleación para evitar o controlar la corrosión interna, se deberá determinar que tales materiales sean efectivos bajo las condiciones encontradas. (Véase en los párrafos 842.611(b) y 849.61, las limitaciones que tiene el cobre.)

(3) los efectos de erosión- corrosión debidos a partículas de alta velocidad, en puntos probables de turbulencia y choque, deberán ser minimizados mediante el uso de materiales resistente a la erosión, espesor de pared incrementado, diseño o configuración de flujo y tamaño o dimensiones de la tubería y los accesorios.

El programa de control de corrosión interna para un ducto, deberá incluir, aunque no deberá quedar limitado a los siguientes elementos:

(a) El establecimiento y evaluación de un programa para la detección, prevención o mitigación de la corrosión interna perjudicial, el mismo que debería incluir lo siguiente:

(1) Se deberán revisar los registros de fugas y reparaciones del ducto, buscando la indicación de los efectos de la corrosión interna.

(2) Cuando cualquier parte del ducto se retire, y la superficie interna quede accesible para inspeccionarla, se la deberá examinar visualmente y evaluar la corrosión interna.

(3) Si se descubren evidencias de corrosión interna, el gas se deberá analizar para determinar los tipos y concentraciones de cualquier agente corrosivo.

(4) Los líquidos o sólidos extraídos del ducto mediante chanco, drenaje o limpieza, se deberían analizar según sea necesario para determinar la presencia de materiales corrosivos y evidencia de productos corrosivos.

(b) Donde se haya determinado que esté tomando lugar la corrosión interna, la cual pueda afectar la seguridad pública y la de los empleados, se deberán aplicar una o más de las siguientes medidas protectoras o correctivas, para controlar la corrosión interna perjudicial:

(1) Se deberá aplicar un inhibidor de corrosión efectivo, de manera y en cantidad suficiente para proteger todas las porciones afectadas de los sistemas de tuberías.

(2) Los agentes de corrosión deberán ser eliminados por métodos reconocidos, tales como el gas ácido o plantas de tratamiento por deshidratación.

(3) Se deberán añadir accesorios para la remoción de agua en los puntos bajos, o la tubería deberá ser posicionada para rehuir las capacidades de los sumideros.

(4) Bajo ciertas circunstancias, la aplicación de un revestimiento interno adecuado, podrá resultar efectivo.

(c) Las medidas de control de corrosión interna deberán ser evaluadas mediante un programa de inspección y monitoreo, incluyendo, aunque no limitándose a los siguientes:

(1) el inhibidor y el sistema de inyección de inhibidor, se deberán revisar periódicamente

(2) Los cupones de corrosión y los carretes de prueba, se deberán remover y evaluar a intervalos periódicos

(3) Se deberán revisar manualmente las sondas de corrosión con intervalos, o se los debe monitorear continuamente o intermitentemente y / o registradas, para evaluar el control de la corrosión interna del ducto.

(4) Se deberá llevar y mantener un registro de las condiciones internas de la tubería, de las fugas y reparaciones causadas por la corrosión, y de las cantidades de gas, líquidos y sólidos y su corrosividad,

### 863.3 Instalaciones Existentes

los mismos que se usarán como una base para realizar cambios en el programa de chancado, programa de inhibición, o instalaciones de tratamiento de gas.

(5) Cuando el tubo no esté cubierto, o se tenga tubería expuesta donde se pudiera anticipar la existencia de corrosión interna, la medición o el monitoreo del espesor de la pared, ayudarán a evaluar la corrosión interna.

(6) Cuando las inspecciones, observación o el análisis de registros indiquen que la corrosión interna está tomando lugar a un grado en que pudiera ser perjudicial a la seguridad pública o la de los empleados, la porción del sistema deberá ser reparada o reacondicionada, y se deberán tomar medias adecuadas para mitigar la corrosión interna.

## **864 DUCTOS EN AMBIENTES ÁRTICOS**

### **864.1 General**

Se deberá prestar especial atención a los requerimientos de control de corrosión de ductos enterrados y otras estructuras instaladas en ambientes árticos, particularmente en la zona de permafrost o capa de suelo permanentemente congelada. Para los ductos que se hallen en contacto con tierra congelada, la tasa de corrosión se reduce, debido a la resistividad sumamente alta del suelo y baja movilidad iónica, aunque nunca llega a cero. Puede ocurrir un grado significativo de corrosión, en las inclusiones no congeladas, en permafrost discontinuo o áreas de deshielo, tales como las que pudieran ocurrir en la cercanía de ríos, lagos, arroyos o secciones de ducto donde la temperatura de superficie esté por encima del punto de congelamiento del ambiente. La protección catódica en áreas localizadas de deshielo podría ser más dificultosa debido al aislamiento de las corrientes de protección catódica por el suelo congelado que rodea al ducto. Se pueden sufrir otros efectos perjudiciales causados por los deshielos estacionales que aumentan la actividad biológica y bacteriana, en las zonas que no están congeladas permanentemente o en la "capa de actividad" por encima de la capa de permafrost. Las instalaciones de gasoductos instaladas en ambientes árticos, deberá estar revestidas y protegidas catódicamente de la misma forma en que se protegen los ductos en zonas templadas, y se debe dar la misma atención a la necesidad de brindar protección contra la corrosión interna y atmosférica, excepto lo que se indique específicamente en la presente sección.

### **864.2 Requerimientos de Revestimiento Externo**

**864.31 Criterios.** Los criterios para la protección catódica, deberán ser los mismos que los de gasoductos en ambientes templados. Debido a que normalmente se requieren mayores voltajes de impulso en los suelos congelados, el voltaje impreso a través del revestimiento deberá ser limitado, de manera que el revestimiento no quede sometido a daño debido a un

sobre-voltaje catódico o a una densidad de corriente excesiva.

### **864.32 Instalaciones de Corriente Impresa**

(a) Se deberán usar instalaciones de corriente impresa en los ductos que yaczan en suelos permanentemente congelados, especialmente donde el gas es enfriado para evitar el descongelamiento del suelo. Tales instalaciones son capaces de proveer el voltaje de impulso más alto necesario para vencer la mayor resistividad del suelo congelado. Pueden instalarse en las estaciones de compresión u otras facilidades donde se tenga disponible corriente eléctrica y se asegure el acceso para el ajuste y mantenimiento. Los efectos de las variaciones estacionales en la resistividad del suelo, se deberán compensar mediante el uso de rectificadores de potencial constante o mediante ajustes manuales.

(b) Los lechos de ánodos de corriente impresa, se deberán instalar dondequiera que sea factible, a una distancia suficiente desde el ducto u otras estructuras subterráneas, para lograr la máxima difusión a lo largo del ducto y para reducir el potencial pico en el ducto.

(c) Los lechos de ánodos se deberán instalar, donde sea práctico, debajo del nivel de congelamiento permanente o en otras ubicaciones no congeladas, tales como un arroyo o un lago, para lograr mejor distribución de la corriente catódica. En los sitios en que los ánodos tengan que instalarse en suelo permanentemente congelado, se deberá incrementar el volumen de material de relleno para reducir la resistencia efectiva entre el ánodo y el suelo que le rodea.

(d) Las instalaciones de corriente impresa que utilice lechos de ánodos distribuidos o profundos, se deberán usar para proteger las instalaciones de la estación que se hallen enteradas y las pilas metálicas que se usan para soporte de instalaciones de la planta que estén por encima del nivel del suelo. Las pilas y cualesquiera otras instalaciones metálicas subterráneas adyacentes, se deberán conectar eléctricamente, para evitar la interferencia perjudicial.

### **864.33 Instalaciones de Ánodos Galvánicos.**

Los ánodos galvánicos (empacados o en cinta) se pueden necesitar en los ductos con suelos permanentemente congelados, para complementar las instalaciones de corriente impresa en áreas localizadas de descongelamiento. De esta manera se provee protección catódica localizada a aquellas secciones de tubería que pudieran estar aisladas por la resistividad sumamente alta de los suelos circundantes.

### **864.4 Monitoreo**

Se deberá considerar la instalación de espacios de medición de corriente calibrada, además de los puntos de prueba normales. Los mismos se deberán instalar a intervalos suficientes, como para evaluar la distribución de la corriente a lo largo del ducto protegido y los efectos de las corrientes telúricas prevalecientes en las

regiones polares. Estos espacios proveen también puntos de contacto para las indicaciones de medición de posibles daños del revestimiento debidos a las tensiones inducidas en un ambiente congelado.

#### **864.5 Control de la Corrosión Interna**

En los casos en que se enfría el flujo de gas para evitar el descongelamiento de la tierra alrededor del ducto, normalmente no se tendrá suficiente agua libre en el gas para provocar corrosión interna en la presencia de contaminantes, tales como los compuestos de azufre o el CO<sub>2</sub>. Sin embargo, si es que se anticipa que vayan a estar presentes en el ducto agua libre o soluciones de agua / alcohol, junto con contaminantes potencialmente corrosivos, se deberá tomar las medidas correctivas adecuadas señaladas en el párrafo 863.

### **865 DUCTOS EN SERVICIO DE ALTAS TEMPERATURAS**

#### **865.1 General**

Se debe prestar especial atención a los requerimientos de control de corrosión de ductos y otras instalaciones en servicio de alta temperatura (por encima de los 150 °F). Las altas temperaturas tienden a disminuir la resistividad de los ambientes de ductos enterrados o sumergidos y aumentar la reacción electroquímica de corrosión, como un resultado de la actividad iónica o molecular aceleradas. Las temperaturas elevadas ocurren típicamente aguas debajo de las estaciones de compresión, o en los sistemas de recolección.

#### **865.2 Requerimientos de Revestimiento Externo**

Se deberán seleccionar los revestimientos sobre la base de los requerimientos particulares de las instalaciones del ducto en servicio de alta temperatura. Entre éstos se incluyen la resistencia al daño por el suelo o tensiones secundarias, compatibilidad con cualquier protección catódica aplicada, y particularmente, resistencia al degradación térmica. En ambientes rocosos, el uso de una envoltura exterior protectora, relleno seleccionado, u otras medidas adecuadas, se deberán considerar para minimizar los daños físicos.

#### **865.3 Instalaciones de Protección Catódica**

**865.31 Criterios.** Los criterios para la protección catódica deberán ser los mismos que los del servicio de temperatura normal, excepto que se deberán reconocer los efectos de la resistividad disminuida y los requerimientos incrementados de corriente catódica de protección en el servicio de altas temperaturas en cualquier componente de IR de la medición del potencial de tubería- a- suelo. También se deberán considerar los efectos de una posible despolarización debida a la operación a alta temperatura.

**865.32 Ánodos Galvánicos.** Se deberá tomar en cuenta el impacto sobre el desempeño de ánodos galvánicos próximos (especialmente el tipo de brazaletes o de cinta) sujetos a elevadas temperaturas debido a la proximidad a un dicto caliente. Las altas temperaturas tienden a incrementar la salida de corriente y la velocidad de degradación de la mayor parte de materiales de ánodo. Algunos materiales de ánodo pueden convertirse más nobles que el acero a temperaturas por encima de 140 °F en ciertos electrolitos. Los ánodos de zinc que contengan aluminio son también susceptibles a la corrosión intergranular a temperaturas por encima de los 120 °F.

#### **865.4 Control de Corrosión Interna**

Cuando un gas o una mezcla de gases y líquidos o sólidos que se conoce o se anticipa que serán corrosivos, se transporte a temperaturas elevadas, se deberá prestar especial atención a la identificación y mitigación de una posible corrosión interna. Tales medidas son necesarias, debido a que las velocidades de la reacción de corrosión se incrementan con las temperaturas elevadas y no son estables. En el párrafo 863 se dan medidas apropiadas de mitigación y monitoreo.

### **866 CORROSIÓN POR TENSION Y OTROS FENÓMENOS**

La corrosión inducida por el medio ambiente, y otros fenómenos relacionados con la corrosión, incluyendo el agrietamiento por tensión de corrosión, fatiga de corrosión, agrietamiento por tensión de hidrógeno y fragilidad causada por hidrógeno, han sido identificadas como causas de falla de ductos. Se ha adquirido ya una considerable cantidad de conocimientos e información sobre éstos fenómenos, los mismos que se han coordinado. Sin embargo la investigación continúa en cuanto a sus causas y prevención. Las compañías operadoras deberán estar alertas a la evidencia de dichos fenómenos durante todas las inspecciones de tubería y en otras oportunidades parecidas. Donde se hallen evidencia de tales eventos, se les deberá prestar atención en todas las investigaciones de falla de ductos. Las compañías operadoras deberán conseguir la última tecnología disponible sobre el tema y / o consultar con expertos que tengan buen conocimiento de la materia.

El presente párrafo tiene que limitarse a declaraciones generales en lugar de establecer límites específicos con respecto a la corrosión por tensión. La corrosión por tensión es al momento un tema de programas de investigación; sin embargo el proyectista de un ducto de transporte y las compañías operadoras, tendrán a su disposición información más específica en el futuro. Mientras tanto, el presente Código sugiere que el usuario se base en el estado actual de la tecnología. Los niveles de corriente de protección catódica, la calidad de la preparación de superficie de la

tubería y el recubrimiento, las temperaturas de operación, niveles de tensión y condiciones del suelo, se deberán tomar en cuenta en el diseño y operación del ducto.

#### **867 REGISTROS**

(a) Se deberán llevar y mantener registros que indiquen la tubería protegida católicamente, las

instalaciones de protección catódica, y otras estructuras afectadas por o que afecten el sistema de protección catódica.

(b) Se deberán mantener registro de todas las pruebas, estudios, resultados de inspecciones, fugas, etc., necesarias para evaluar la efectividad de las medias de control de corrosión, durante todo el tiempo en que el ducto permanezca en servicio.

# **ANEXO E**

**AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE API  
STANDARD 1104**

# **Soldadura de Oleoductos e Instalaciones Conexas**

**Sección Oleoducto**

**NORMA API 1104  
EDICIÓN 2010**

**Instituto  
Americano  
del Petróleo**

**Ayudándole a lograr  
correctamente, el  
trabajo realizado.**

## **5. Calificación de Procedimiento de Soldadura, para Soldaduras con Adición de Metal de Aporte**

### **5.1 CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO**

Antes del inicio de la producción de soldaduras, una detallada especificación del procedimiento debe ser establecida y calificada para demostrar que las soldaduras con adecuadas propiedades mecánicas (tales como resistencia, ductilidad y dureza) y sanas pueden ser realizadas por el procedimiento. La calidad de las soldaduras deben ser determinadas mediante ensayos no destructivos. Estos procedimientos deben cumplirse, excepto cuando un cambio es específicamente autorizado por la compañía como se menciona en el párrafo 5.4.

### **5.2 REGISTRO**

Los detalles de cada procedimiento calificado debe ser registrado. Este registro debe mostrar los resultados completos de la prueba de calificación del procedimiento. Formatos similares a los mostrados en las Figuras 1 y 2 deben ser usados. Estos registros deben mantenerse mientras los procedimientos sean usados.

### **5.3 ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO**

#### **5.3.1 General**

La especificación del procedimiento debe incluir la información especificada en 5.3.2, donde sea aplicable.

#### **5.3.2 Información de la Especificación**

##### **5.3.2.1 Proceso.**

El proceso o combinación de procesos específicos den estar identificados El uso del proceso de soldadura manual, semiautomático o automático, o cualquier combinación de la misma, debe ser especificado.

##### **5.3.2.2 Tubo y Materiales Accesorios.**

Los materiales a los que se aplica el procedimiento deben ser identificados. El Tubo de la especificación API 5L, así como los materiales que conforman las especificaciones ASTM aceptables, pueden ser agrupadas (Ver párrafo 5.4.2.2) siempre y cuando el ensayo de calificación se realice sobre el material con mayor resistencia a la fluencia mínima especificada en el grupo.

##### **5.3.2.3 Diámetros y Espesores de Pared.**

Los rangos de diámetros y espesores de pared por encima de la aplicabilidad del procedimiento deben ser identificados. Ejemplos sugeridos de agrupamiento pueden son presentados en 6.2.2, artículos d y e.

##### **5.3.2.4 Diseño de la Junta.**

La especificación debe incluir un bosquejo o bosquejos de la junta que muestra el ángulo del bisel, el tamaño de la cara de raíz y la abertura de raíz o el espacio entre los elementos colindantes. La forma y tamaño de la soldadura con filete, deben ser mostradas. Si se utiliza un respaldo, el tipo debe ser designado.

##### **5.3.2.5 Metal de Aporte y Número de Cordones.**

Los tamaños y número de clasificación del metal de aporte y numero mínimo y secuencia de las cordones debe ser designado.

##### **5.3.2.6 Características Eléctricas.**

La corriente y polaridad debe ser designada y el rango de voltaje y amperaje para cada electrodo, varilla o alambre debe ser mostrado.

##### **5.3.2.7 Características de Flama.**

La especificación debe designar si la flama es neutra, carburante u oxidante. El tamaño del orificio en la boquilla del soplete para cada tamaño de varilla o alambre debe ser especificado.

##### **5.3.2.8 Posición.**

La especificación debe designar Soldadura por rodillo o en posición.

##### **5.3.2.9 Dirección de la Soldadura.**

La especificación debe designar si se va a realizar la soldadura hacia arriba o hacia abajo.

##### **5.3.2.10 Tiempo entre los Pases.**

El máximo de tiempo entre la terminación del cordón de raíz y el inicio del segundo cordón, así como el máximo tiempo entre la terminación del segundo cordón y el inicio de otros cordones.

##### **5.3.2.11 Tipo y Remoción de la Grampa de Alineamiento.**

La especificación debe designar si la grampa de alineamiento es interna o externa, o no es requerida. Si se utiliza la grampa, el porcentaje mínimo de la



soldadura del pase de raíz debe ser completado antes de liberar la grampa y debe ser especificado.

**5.3.2.12 Limpieza y/o Esmerilado.**

La especificación debe indicar si se va utilizar herramientas de potencia o manuales para la limpieza, esmerilado, o ambos.

Referencia : Norma API 1104, 5.2

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO No.

Por \_\_\_\_\_ Soldadura de \_\_\_\_\_ Tubería y Accesorios

Proceso \_\_\_\_\_

Material \_\_\_\_\_

Diámetro y Espesor de Pared \_\_\_\_\_

Diseño de Junta \_\_\_\_\_

Metal de Aporte y Número de Pases \_\_\_\_\_

Características Eléctricas o de Flama \_\_\_\_\_

Posición \_\_\_\_\_

Dirección de Soldadura \_\_\_\_\_

No de soldadores \_\_\_\_\_

Lapso de tiempo entre Pases \_\_\_\_\_

Tipo y remoción de Grampa de Alineamiento \_\_\_\_\_

Limpieza y Esmerilado \_\_\_\_\_

Pre calentamiento/Alivio de tensiones \_\_\_\_\_

Gas de protección y velocidad de flujo \_\_\_\_\_

Fundente de protección \_\_\_\_\_

Velocidad de Avance \_\_\_\_\_

Composición de Gas Plasma \_\_\_\_\_ Velocidad de Flujo de Gas Plasma \_\_\_\_\_

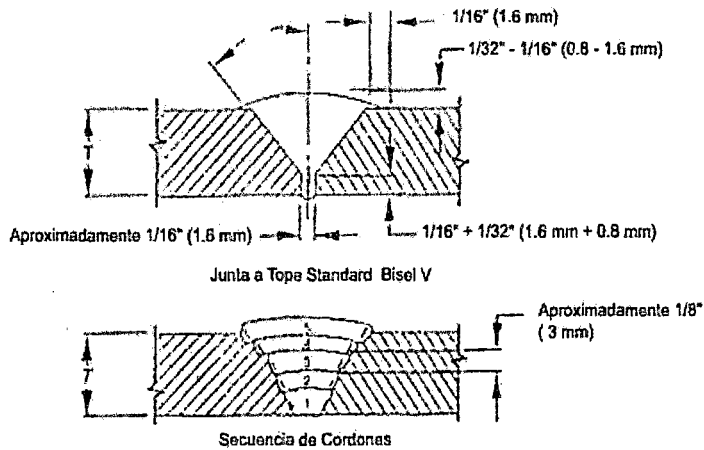
Tamaño del orificio de Gas Plasma \_\_\_\_\_

Esquemas y Tabulaciones adjuntadas \_\_\_\_\_

Ensayado \_\_\_\_\_ Soldador \_\_\_\_\_

Aprobado \_\_\_\_\_ Supervisor de Soldadura \_\_\_\_\_

Adoptado \_\_\_\_\_ Ingeniero Jefe \_\_\_\_\_



Nota : Las dimensiones son para ejemplo solamente

TAMAÑO DE ELECTRODO Y NUMERO DE PASES

Número de Pases	Tamaño y Tipo de Electrodo	Voltaje	Amperaje y Polaridad	Velocidad

Figura 1 - Ejemplo de Formato de Especificación de Procedimiento

### REPORTE DE PRUEBA DE TIRA

Fecha \_\_\_\_\_ Prueba No. \_\_\_\_\_  
 Localización \_\_\_\_\_  
 Estado \_\_\_\_\_ Posición del soldador  Móvil  Fijo   
 Soldador \_\_\_\_\_ Marca \_\_\_\_\_  
 Tiempo de soldadura \_\_\_\_\_ Horario del día \_\_\_\_\_  
 Temperatura media \_\_\_\_\_ Cortaviento utilizado \_\_\_\_\_  
 Condiciones climáticas \_\_\_\_\_  
 Voltaje \_\_\_\_\_ Amperaje \_\_\_\_\_  
 Tipo de máquina de soldadura \_\_\_\_\_ Tamaño de Máquina de soldar \_\_\_\_\_  
 Metal de aporte \_\_\_\_\_  
 Tamaño de Refuerzo \_\_\_\_\_  
 Tipo y grado de la tubería \_\_\_\_\_  
 Espesor de pared \_\_\_\_\_ Diámetro externo \_\_\_\_\_

	1	2	3	4	5	6	7
Tira plantillada							
Dimensiones de la muestra original							
Area de la muestra original							
Carga máxima							
Resistencia a la tensión							
Localización de la fractura							

Procedimiento  Ensayo de Calificación  Calificado  
 Soldador  Ensayo en Línea  Descalificado

Tensión máxima \_\_\_\_\_ Tensión mínima \_\_\_\_\_ Tensión promedio \_\_\_\_\_  
 Observaciones sobre los Ensayos de Resistencia a la Tensión \_\_\_\_\_  
 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_  
 Observaciones sobre los Ensayos de Dobleces \_\_\_\_\_  
 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_  
 Observaciones sobre los Ensayos de Rotura de Muesca \_\_\_\_\_  
 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_

Ensayo hecho en \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Ensayada por \_\_\_\_\_ Supervisada por \_\_\_\_\_

Nota : Utilice la parte de atrás para observaciones adicionales. Este formato puede ser utilizado para reportar un ensayo de calificación de procedimiento o un ensayo de calificación de soldador

Figura 2 - Reporte de Prueba de Tira Simple

### **5.3.2.13 Tratamiento Pre y Post-calentamiento.**

Los métodos, la temperatura, los métodos de control de temperatura, y el rango de temperatura ambiente para tratamiento pre y post calentamiento debe ser especificado. (Ver 7.11).

### **5.3.2.14 Gas de Protección y Escala de Flujo.**

La composición del gas de protección y el rango de la velocidad del gas debe ser designado.

### **5.3.2.15 Fundente de Protección.**

El tipo de fundente de protección debe ser designado.

### **5.3.2.16 Velocidad de Avance.**

El rango para la velocidad de avance en pulgadas (mm), por minuto, debe ser especificado para cada pase.

## **5.4 VARIABLES ESENCIALES**

### **5.4.1 General**

Un procedimiento de soldadura debe ser reestablecido como una nueva especificación del procedimiento y debe ser totalmente recalificado cuando alguna de las variables esenciales listadas en 5.4.2 son cambiadas. Otros cambios que no estén dados en 5.4.2 pueden ser realizados en el procedimiento sin necesidad de recalificación, siempre que la especificación del procedimiento sea revisada para mostrar los cambios.

### **5.4.2 Cambios que Requieren Recalificación**

#### **5.4.2.1 Proceso de Soldadura o Método de Aplicación.**

Un cambio de proceso de soldadura o método de aplicación establecido en la especificación del procedimiento (ver 5.3.2.1) constituye una variable esencial.

#### **5.4.2.2 Material Base.**

Un cambio en el material base constituye una variable esencial. Cuando se sueldan materiales de dos grupos de material separados, debe utilizarse el procedimiento del grupo de mayor de resistencia. Para propósitos de esta norma, todos los materiales deben agruparse así:

- Límite de fluencia mínimo especificado menor ó igual a 42,000 Psi (290 MPa).
- Límite de fluencia mínimo especificado mayor que 42,000 Psi pero menor que 65,000 Psi (448 MPa).

- Para materiales con límite de fluencia mínimo especificado mayor o igual que 65,000 Psi, cada grado debe recibir un ensayo de calificación por separado.

Nota .- Los grupos especificados en 5.4.2.2 no implican que los materiales base o metales de aporte en los diferentes análisis de cada grupo puedan ser sustituidos indiscriminadamente por un material utilizado en el ensayo de calificación, sin consideración de la compatibilidad de los materiales base y los metales de aporte, desde el punto de vista de las propiedades metalúrgicas y mecánicas, y los requisitos del tratamiento pre y post-calentamiento.

#### **5.4.2.3 Diseño de la Junta.**

Un cambio principal, (por ejemplo de una ranura en "V" a una ranura en "U") constituye una variable esencial. Cambios menores en el ángulo de bisel o en el talón de la ranura de soldadura no son variables esenciales.

#### **5.4.2.4 Posición.**

Un cambio de posición de rodillo a fija o viceversa constituye una variable esencial.

#### **5.4.2.5 Espesor de Pared.**

Un cambio de un grupo de espesor de pared a otro constituye una variable esencial.

#### **5.4.2.6 Metal de Aporte.**

Los siguientes cambios en el metal de aporte constituyen variables esenciales:

- Cambio de un grupo de metal de aporte a otro (Ver Tabla 1).
- Para materiales de tubo con límite de fluencia mínimo especificado mayor o igual a 65,000 Psi (448 MPa), cambio en la clasificación AWS del metal de aporte (Ver 5.4.2.2).

Los cambios en el metal de aporte en cuanto a grupos pueden ser realizados dentro de los grupos de material especificados en 5.4.2.2. La compatibilidad del material base y el metal de aporte deberían ser considerados desde el punto de vista de las propiedades mecánicas.

#### **5.4.2.7 Características Eléctricas.**

Un cambio de un electrodo DC positivo a negativo o viceversa, o un cambio de corriente DC a AC o viceversa constituye una variable esencial.

#### **5.4.2.8 Tiempo entre los Pases.**

Un incremento en el tiempo máximo entre el término del cordón de raíz y el inicio del segundo cordón constituye una variable esencial.

#### 5.4.2.9 Dirección de la Soldadura.

Un cambio en la dirección de la soldadura de vertical hacia abajo o vertical hacia arriba o viceversa constituye una variable esencial.

#### 5.2.4.10 Gas de Protección y Escala de Flujo.

Un cambio de un gas de protección a otro o de una mezcla de gas a otra constituye una variable esencial. Un mayor incremento o disminución en la velocidad del flujo del gas de protección también constituye una variable esencial.

#### 5.4.2.11 Fundente de Protección.

Ver Tabla 1, pie de página a, para cambios en el fundente de protección que constituye variables esenciales.

#### 5.4.2.12 Velocidad de Avance.

Un cambio en el rango de velocidad de avance constituye una variable esencial.

#### 5.4.2.13 Pre-Calentamiento.

Una reducción en la temperatura de precalentamiento mínima especificada constituye una variable esencial.

#### 5.4.2.14 Tratamiento Térmico Post-Soldadura(TTPS).

El aumento de TTPS o un cambio en los rangos o valores especificados en el procedimiento deben cada uno, constituir una variable esencial.

### 5.5 SOLDADURA DE JUNTAS DE ENSAYO – SOLDADURAS A TOPE

Para soldar la junta de ensayo para soldaduras a tope, deben unirse dos niples de tubería, siguiendo todos los detalles de la especificación del procedimiento.

### 5.6 ENSAYO DE JUNTA SOLDADA – SOLDADURAS A TOPE

#### 5.6.1 Preparación

Para ensayar la junta a tope, las muestras de ensayo deben ser cortadas desde la junta en las ubicaciones mostradas en la Figura 3. (Ver Sección 13 para requisitos de ensayo para procedimientos de soldadura a presión). El número mínimo de muestras y de ensayos a que éstos deben sujetarse son dadas en la Tabla 2. Las muestras deben ser

preparadas como se muestra en las Figuras 4, 5, 6, 7. Para tuberías por debajo de 2.375 (60.3 mm) de diámetro externo, dos soldaduras de ensayo deben ser hechas para obtener el número requerido de muestras. Las muestras deben ser enfriadas al aire a la temperatura ambiente antes de ser ensayadas. Para tuberías menores o iguales a 1.315 pulgadas (33.4 mm) de diámetro externo, una muestra de sección completa puede ser sustituida por cuatro muestras de rotura de muesca de sección reducida y doblez de raíz. La muestra de sección completa debe ser ensayada de acuerdo con 5.6.2.2 y debe reunir los requerimientos de 5.6.2.3.

**Tabla 1 – Grupos de Metal de Aporte**

Grupo	Especificación		Fundente <sup>c</sup>
	AWS	Electrodo	
1	A5.1	E6010, E6011	
	A5.5	E7010, E7011	
2	A5.5	E8010, E8011 E9010	
	A5.1 ó A5.5	E7015, E7016, E7018	
3	A5.5	E8015, E8016, E8018 E9018	
	A5.17	EL8 EL8K EL12 EM5K EM12K EM13K EM15K	P6XZ F6X0 F6X2 F7XZ F7X0 F7X2
4 <sup>a</sup>	A5.18	ER70S – 2	
	A5.18	ER70S – 6	
	A5.28	ER80S – D2	
	A5.28	ER90S – G	
6	A5.2	RG60, RG65	
7	A5.20	E61T - GS <sup>d</sup> E71T - GS <sup>d</sup>	
	A5.29	E71T8 – K6	
9	A5.29	E91T8 – G	

Nota: Otros electrodos, metales de aporte y fundentes pueden ser utilizados pero requieren una calificación de procedimiento por separado.

<sup>a</sup>. Cualquier combinación del fundente y electrodo en el Grupo 4 puede ser utilizada para calificar un procedimiento. La combinación debe ser identificado según su número completo de clasificación AWS, tal como F7A0-EL12 ó F6A2-EM12K. Solo las instituciones que resulten en el mismo número de clasificación AWS están permitidas sin necesidad de recalificación.

<sup>b</sup>. Un gas de protección (ver 5.4.2.10) debe ser utilizado con los electrodos en el grupo 5.

<sup>c</sup>. En la designación del fundente, la X puede ser A ó P para según sea soldado (A), o tratado post-térmico de soldadura (P).

<sup>d</sup>. Para soldadura de pase de raíz solamente.

## 5.6.2 Ensayo de Resistencia a la Tensión

### 5.6.2.1 Preparación.

Las muestras para ensayo de resistencia a la tensión (Ver Figura 4) deben ser aproximadamente de 9 “ (2.30 mm) de longitud y 1 pulgada (25 mm) de ancho. Ellas deben ser cortadas por máquina o por oxígeno y no se necesita otra preparación a menos que los bordes estén muescados o no sean paralelos. Si es necesario las muestras deben ser maquinadas para que los lados queden lisos y paralelos.

### 5.6.2.2 Método.

Las muestras de ensayo de resistencia a la tensión deben ser rotas bajo carga de Tensión con equipo capacitado para medir la carga con la que ocurre la falla. La resistencia a la tensión debe ser computada, dividiendo la carga máxima en el momento de la falla por la menor área de la sección transversal de

la muestra como fue medido antes que la carga fuera aplicada.

### 5.6.2.3 Requerimientos.

La resistencia a la tensión de la soldadura, incluyendo la zona de fusión de cada muestra, debe ser igual ó mayor que la resistencia a la tensión mínima especificada del material de la tubería, pero no necesita ser igual o mayor que la actual resistencia del material de la tubería. Si la muestra se rompe fuera de la zona de soldadura y fusión (es decir en el material de tubería adyacente) y reúne los requisitos mínimos de resistencia a la tensión de la especificación, la soldadura puede ser aceptada como que reúne los requisitos.

Si la muestra se rompe en la soldadura o en la zona de fusión y la resistencia observada es igual o mayor que la resistencia mínima tensora especificada del material de la tubería y reúne los requerimientos de solidez de 5.6.3.3, entonces la soldadura debe ser aceptada como que reúne los requerimientos.

Si la muestra se rompe por debajo de la resistencia mínima a la tensión especificada del material de la tubería, entonces la soldadura debe dejarse de lado y debe hacerse una nueva prueba de soldadura.

## 5.6.3 Ensayo de Rotura de Muesca

Tabla 2 – Tipo y Número de Muestras para Ensayo de Calificación del Procedimiento

Diámetro Externo de la Tubería		Número de Especímenes					Total
Pulgadas	Milímetros	Resistencia a la Tensión	Rotura de Muesca	Doble de Raíz	Doble de Cara	Doble de Lado	
Espesor de pared ≤ 0.500” (12.70 mm)							
<2.375	<60.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4 <sup>a</sup>
2.375-4.500	60.3-114.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4
>4.500-12.750	114.3-323.9	2	2	2	2	0	8
>12.750	>323.9	4	4	4	4	0	16
Espesor de pared > 0.500” (12.70 mm)							
≤4.500	≤114.3	0 <sup>b</sup>	2	0	0	2	4
>4.500-12.750	>114.3-323.9	2	2	0	0	4	8
>12.750	>323.9	4	4	0	0	8	16

<sup>a</sup> Una muestra de rotura de muesca y de doblez de raíz debe ser tomada de cada uno de las dos soldaduras de prueba, o para tubería menor o igual a 1.315” (33.4 mm) de diámetro, una muestra de resistencia a la tensión de sección completa debe ser tomada.

<sup>b</sup> Para materiales con resistencia a punto cedente mínimas especificadas mayores que 42,000 psi (290 MPa), debe requerirse un mínimo de un ensayo de tensión.

### **5.6.3.1 Preparación.**

Las muestras de ensayo de rotura de muesca (Figura 5) deben ser aproximadamente de 9 pulgadas (230 mm) de longitud y 1 pulgada (25 mm) de ancho y pueden ser cortadas a máquina u oxígeno. Ellas deben ser mescadas con una sierra de metal en cada lado del centro de la soldadura y cada muesca debe ser aproximadamente de 1/8 de pulgada (3 mm) de profundidad.

Muestras de mella preparadas de esta manera a partir de soldaduras hechas con ciertos procesos automáticos y semiautomáticos pueden fallar a través de la tubería en vez de la soldadura. Cuando experiencias de pruebas previas indican que las fallas de las tuberías son esperadas, el refuerzo externo debe ser mescado a una profundidad que no exceda 1/16 de pulgada (1.6 mm), medida desde la superficie original de la soldadura.

A opción de la compañía, las muestras para rotura de muesca destinadas para calificar un procedimiento automático o semi-automático de soldadura pueden ser macro-atacados antes de ser melladas.

### **5.6.3.2 Método.**

Las muestras deben ser rotas mediante estiramiento en una máquina de tensión, sujetando los bordes y golpeando el centro, o sujetando un extremo y golpeando el otro con un martillo. El área expuesta de la fractura debe tener un mínimo de 3/4 de pulgada (19 mm) de ancho.

**5.6.3.3 Requerimientos:** Las superficies expuestas de cada muestra para rotura de muesca deben mostrar completa penetración y fusión. La mayor dimensión de cualquier bolsa de gas no debe exceder 1/16 de pulgada (1.6 mm), y el área combinada de todas las bolsas de gases no deben exceder el 2% del área de la superficie expuesta. Las inclusiones de escoria no deben ser mayores de 1/32 de pulgada (0.8 mm) de profundidad y no debe ser mayor que 1/8 de pulgada (3 mm) o la mitad del espesor de pared nominal en longitud, cual fuere la más pequeña. Debe haber por lo menos 1/2 pulgada (13 mm) de separación entre las inclusiones de escoria adyacentes. Las dimensiones deben ser medidas tal como se muestran en la Figura 8. Agujeros, tal como se definen en AWS A3.0, no son causa de rechazo.

## **5.6.4 Ensayo de Dobleza de Raíz y de Cara**

### **5.6.4.1 Preparación.**

Las muestras de ensayo para dobleza de raíz y cara (Ver Figura 6) deben ser de aproximadamente 9 pulgadas (230 mm) de largo por 1 pulgada (25 mm) de ancho, y sus bordes largos deben ser redondeados. Pueden ser cortados por máquina u oxígeno. Los refuerzos de sobremonta y cordón de raíz deben ser removidos hasta el nivel de la superficie de la muestra. Estas superficies deben ser lisas y cualquier raspadura que se presente debe ser ligera y transversal a la soldadura.

### **5.6.4.2 Método.**

Las muestras de dobleza de raíz y de cara deben ser doblados en un dispositivo para dobleza guiado similar al mostrado en la Figura 9. Cada muestra debe ser colocada entre los asientos de la hembra con la soldadura en el punto medio entre luz. Las muestras de dobleza de cara deben ser colocadas con la cara de la soldadura directamente hacia la abertura, y las muestras de dobleza de raíz deben ser colocadas con la raíz de la soldadura directamente hacia la abertura. El macho debe ser empujado hacia la abertura hasta que la curvatura de la muestra tenga aproximadamente la forma de U.

### **5.6.4.3 Requisitos.**

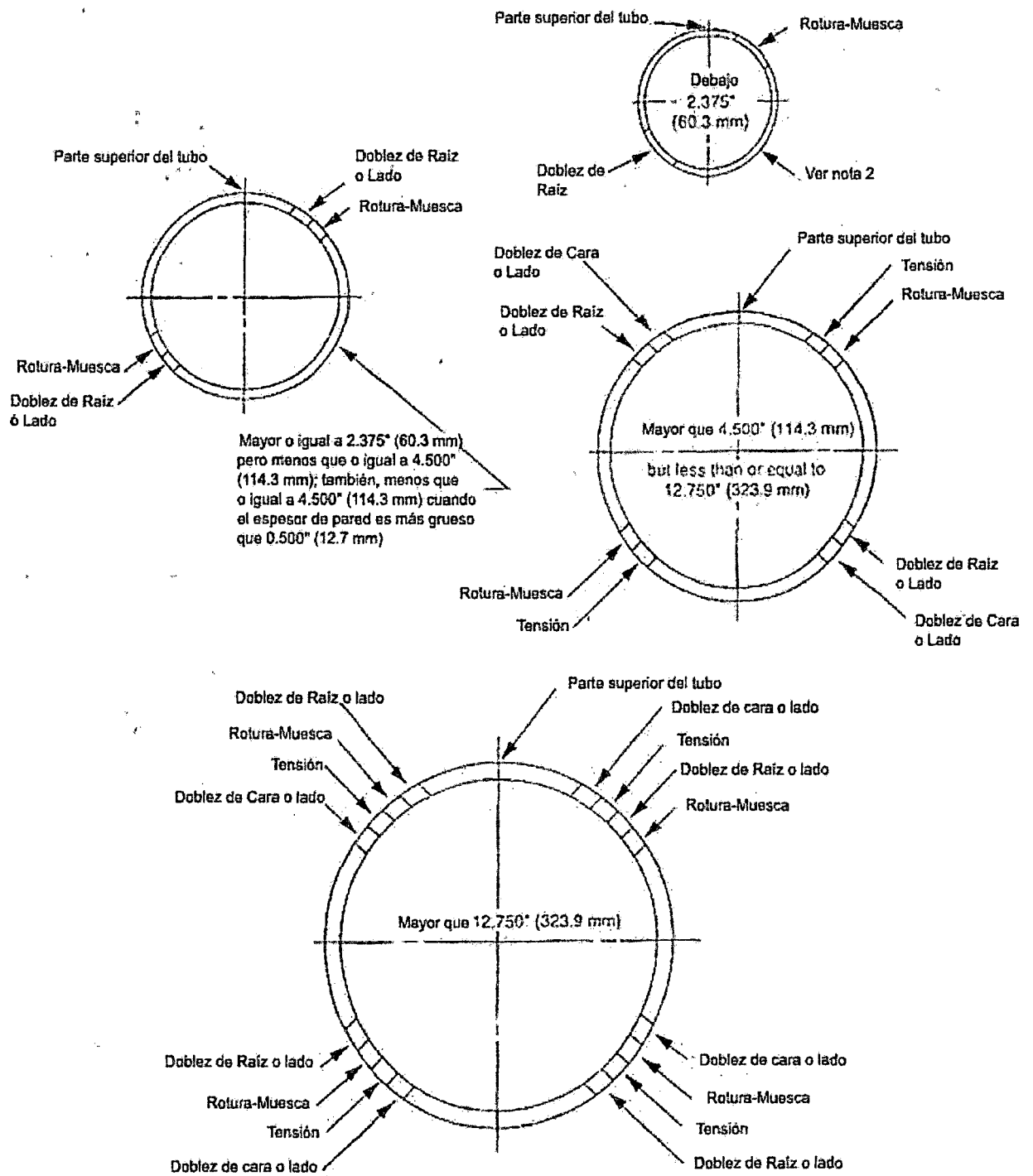
La prueba de dobleza debe ser considerada aceptable si no hay rajaduras u otros defectos que sobrepasen de 1/8 de pulgada (3 mm) o la mitad del espesor nominal de pared, cual fuere más pequeña, en cualquier dirección, esté presente en la soldadura o entre la soldadura y la zona de fusión después del doblez. Las rajaduras que se originan en el radio externo del doblez a lo largo de los bordes de la muestra durante el ensayo y que son menores de 1/4 de pulgada (6 mm), medidas en cualquier dirección, no deben ser consideradas, a menos que defectos obvios sean observados. Cada muestra sujeta al ensayo de dobleza debe reunir estos requerimientos.

## **5.6.5 Ensayo de Dobleza de Lado**

### **5.6.5.1 Preparación.**

Las muestras de dobleza de lado (Ver Figura 7) deben ser de aproximadamente 9 pulgadas (230 mm) de longitud y 1/2 pulgada (13 mm) de ancho, y los bordes longitudinales deben ser redondeados.

Ellos deben ser cortados por máquina o por oxígeno aproximadamente a 3/4 de pulgada (19 mm) de ancho y luego maquinados o esmerilados a 1/2 pulgada (13 mm) de ancho. Los bordes deben ser lisos y paralelos. Los refuerzos de sobremonta y de cordón de raíz deben ser removidos hasta el nivel de la



Notas :

1. A opción de la compañía, las ubicaciones pueden rotar, siempre que estén espaciadas igualmente alrededor del tubo; sin embargo, las muestras no deben incluir la soldadura longitudinal.
2. Una muestra para tensión de sección completa puede ser usada para tubo con un diámetro menor o igual que 1.315 pulg. (33.4 mm).

Figura 3 - Ubicación de Muestras de Ensayo de Soldadura a Tope para Ensayo de Calificación de Procedimiento



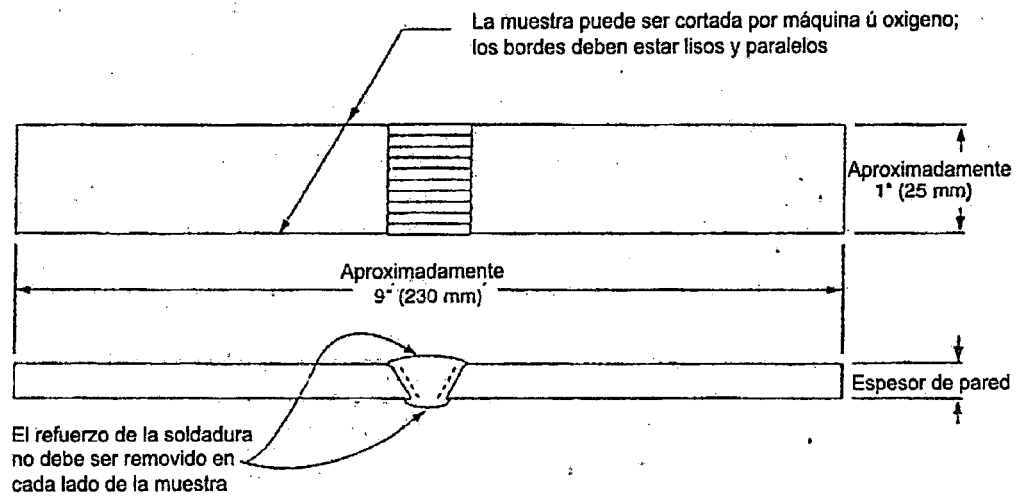


Figura 4 - Muestra para Ensayo de Resistencia a la Tensión

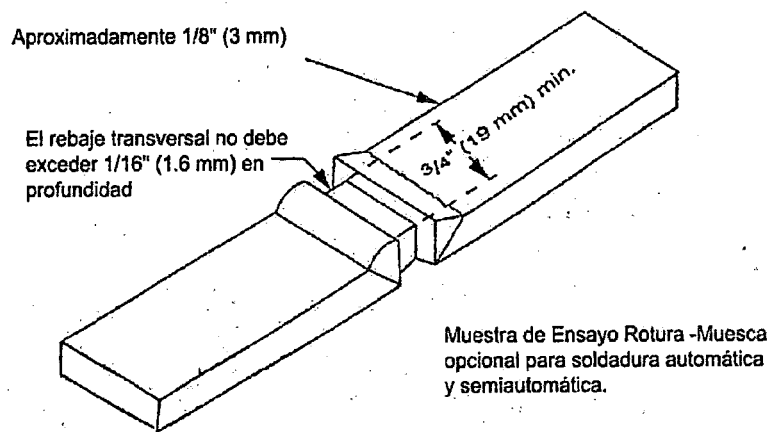
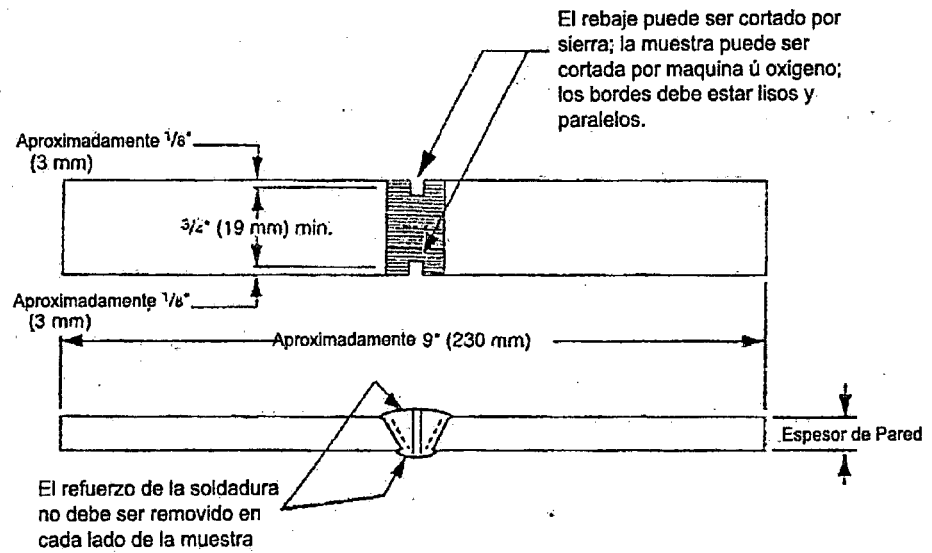


Figura 5 - Muestra para Ensayo de Rotura de Muesca

superficie de la muestra.

#### 5.6.5.2 Método.

Las muestras de doblado de lado deben ser dobladas en un dispositivo de doblado guiado similar a la que se muestra en la Figura 9. Cada muestra debe ser colocada sobre los asientos de la abertura (hembra) con la soldadura en el punto medio entre luz y con la cara de la soldadura perpendicular hacia la abertura.

El macho debe ser empujado hacia la abertura hasta que la curvatura de la muestra tenga aproximadamente la forma de U.

#### 5.6.5.3 Requisitos.

Cada muestra de doblado de lado debe reunir los requerimientos de la prueba de doblado de raíz y de cara especificados en 5.6.4.3.

### 5.7 SOLDADURA DE JUNTAS DE ENSAYO – SOLDADURAS DE FILETE

Para soldar una junta de ensayo con soldadura de filete, ésta debe ser hecha por una de las configuraciones, tal como se muestra en la Figura 10, siguiendo todos los detalles de las especificaciones del procedimiento.

### 5.8 ENSAYO DE JUNTAS SOLDADAS – SOLDADURAS DE FILETE

#### 5.8.1 Preparación

Para el ensayo de la junta soldada a filete, las muestras de ensayo deben ser cortadas desde la junta en las ubicaciones mostradas en la Figura 11.

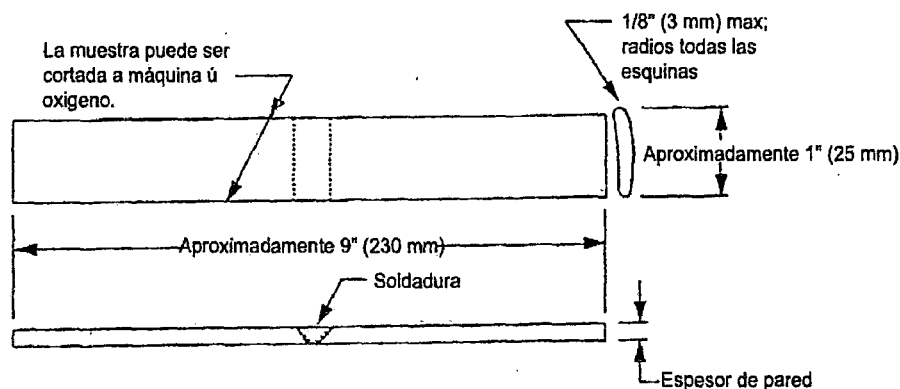
Las muestras pueden ser cortadas por máquina u oxígeno. Ellas deben tener por lo menos  $\frac{1}{4}$  pulg. (25 mm) de ancho y de largo lo suficiente para ser cortada por la soldadura. Para tubos por debajo de 2.375 de pulgada (60.3 mm) en diámetro, puede ser necesario efectuar dos soldaduras de ensayo para obtener el número requerido de muestras. Las muestras deben ser enfriadas a temperatura ambiente antes del ensayo.

#### 5.8.2 Método

Las muestras de soldadura de filete deben ser rotas en la soldadura por cualquier método conveniente.

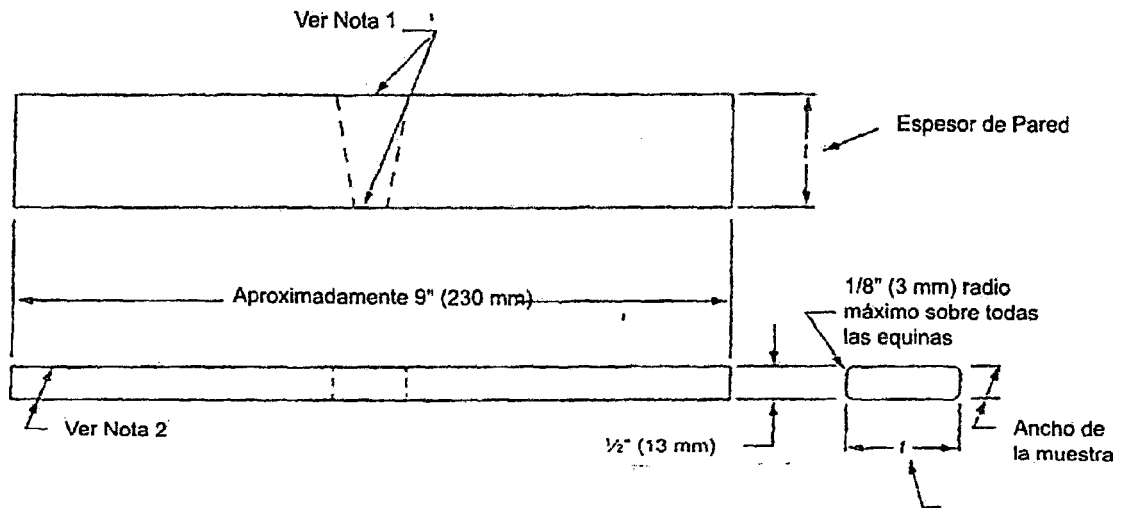
#### 5.8.3 Requisitos

Las superficies expuestas de cada muestra de soldadura de filete deben mostrar completa penetración y fusión, y a) la mayor dimensión de cualquier porosidad no debe exceder de  $\frac{1}{16}$  de pulgada (1.6 mm), b) el área combinada de todas las porosidades no deben exceder el 2% del área de la superficie expuesta, c) las inclusiones de escoria no deben ser mayores de  $\frac{1}{32}$  de pulgada (0.8 mm) en profundidad ni más que  $\frac{1}{8}$  de pulgada (3 mm) o de la mitad del espesor de pared en longitud, cualquiera sea el menor, y d) allí deben ser por lo menos  $\frac{1}{2}$  pulgada (12 mm) de separación entre las inclusiones de escoria adyacentes. Las dimensiones deben ser medidas tal como se muestran en la Figura 8.



Nota : El refuerzo de la soldadura debe ser removido desde ambas caras con la superficie de la muestra. La muestra no debe ser aplanada antes del ensayo.

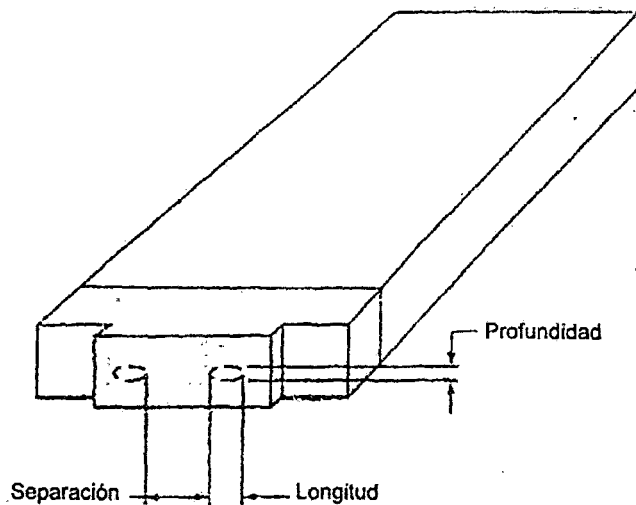
Figura 6 - Muestra para Ensayo de Doblez de Raíz y Cara: Espesor de Pared menor o igual a 0.500" pulg. (12.7 mm)



Notas :

1. El refuerzo de la soldadura deber removido desde ambas caras hasta el nivel de la superficie de la muestra.
2. Las muestras debn ser cortadas a máquina a un ancho de 1/ pulg. (12.13 mm), o éstas pueden ser cortadas a un ancho de aproximadamente 3/4" pulg. (19 mm) y luego maquinada o alisada a un ancho de 1/2 pulg. (13 mm).Las superficies de corte deben ser lisas y paralelas.

Figura 7 - Muestra de Ensayo de Doblez Guiado : Espesor de pared mayor que 0.500 pulg. (13 mm)



Nota : Una muestra de ensayo de rotura de muesca es mostrado ; sin embargo, este método de dimensionamiento aplica solamente para romper muestras de ensayo a tensión y soldaduras de filete.

Figura 8 - Dimensionamiento de Imperfecciones en Superficies de Soldadura Expuesta

## 6. Calificación de Soldadores

### 6.1 GENERAL

El propósito del ensayo de calificación de soldadores de hacer soldaduras sanas, a tope o filete, utilizando previamente procedimientos calificados. Antes de que cualquier soldadura de producción se lleve a cabo, los soldadores deben ser calificados de acuerdo a los requerimientos aplicables de 6.2 hasta 6.8. Es la intención de esta norma que el soldador que cumple satisfactoriamente el ensayo de calificación de procedimiento es un soldador calificado, proporcionando el número de muestras de ensayo requeridos por 6.5, que han sido removidas, ensayadas y que reúnen los criterios de aceptación de 5.6, para cada soldador.

Antes de comenzar los ensayos de calificación, al soldador se le debe permitir un tiempo razonable para ajustar el equipo de soldadura utilizado en el ensayo. El soldador debe usar la misma técnica de soldar y debe proceder con la misma velocidad que utilizara si pasa la prueba y se le permite efectuar soldaduras de producción. La calificación de los soldadores debe ser conducida en presencia del representante de la compañía.

Un soldador debe calificarse como tal, efectuando un ensayo en niples de segmentos de tubería o en niples de tubería de tamaño completo como es especificado en 6.2.1. Cuando niples de segmentos de tubería son empleados, ellos deben ser soportados de tal manera que soldaduras en posición plana, vertical y sobrecabeza son producidas.

Las variables esenciales asociadas con la calificaciones del soldador no son idénticas. Las variables esenciales para calificación de soldador son especificadas en 6.2.2 y 6.3.2

### 6.2 CALIFICACIÓN SIMPLE

#### 6.2.1 General

Para la calificación simple, el soldador debe realizar una soldadura de ensayo, utilizando un procedimiento calificado para unir niples de tuberías o segmentos de niples de tuberías. El soldador debe hacer una soldadura a tope, ya sea en posición móvil o fija. Cuando el soldador es calificando en la posición fija, el eje de la tubería debe estar en el plano horizontal, en el plano vertical, o inclinado desde el plano horizontal a un ángulo no mayor de 45°.

Un soldador que realiza un ensayo de calificación simple para conexiones de derivación, soldaduras con filete u otras configuraciones

similares debe seguir la especificación de procedimiento apropiado.

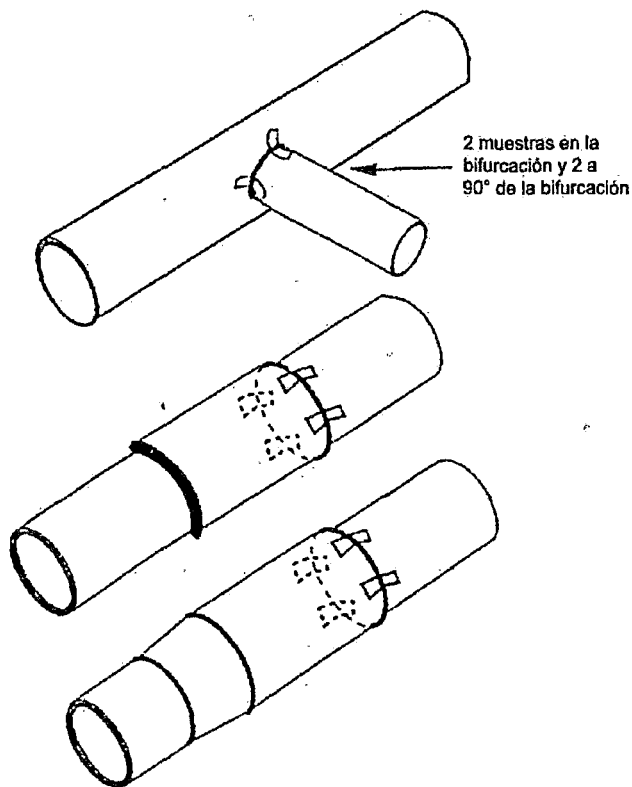
Los cambios en las variables esenciales descritas en 6.2.2 requieren recalificación del soldador.

La soldadura debe ser aceptada si reúne los requisitos del punto 6.4 e incluso 6.5 ó 6.6.

#### 6.2.2 Alcance

Un soldador que ha completado satisfactoriamente la prueba de calificación del ensayo descrito en 6.2.1 debe ser calificado dentro de los límites de las variables esenciales descritas. Si cualquiera de las siguientes variables esenciales fuera cambiada, el soldador que usa el nuevo procedimiento debe ser recalificado.

- a. Un cambio de un proceso de soldadura a otro proceso de soldadura o combinación de procesos, como sigue:
  1. Cambio de un proceso de soldadura a otro proceso diferente de soldadura; o
  2. Cambio en la combinación de procesos de soldadura, salvo que el soldador haya calificado en ensayos de calificación separados, utilizando cada uno de los procedimientos de soldadura, que van a ser utilizados para la combinación de procesos de soldadura.
- b. Un cambio en la dirección de soldadura de posición vertical hacia arriba a vertical hacia abajo o viceversa.
- c. Un cambio en la clasificación del metal de aporte del grupo 1 ó 2 al grupo 3, ó del grupo 3 al grupo 1 ó 2 (ver Tabla 1).
- d. Un cambio de un grupo de diámetro exterior a otro. Estos grupos se definen así:
  1. Diámetro exterior menor que .2.375 de pulgadas ( 60.3 mm)
  2. Diámetro exterior desde 2.375 pulg. (60.3 mm) hasta 12.750 pulgadas (323.9 mm).
  3. Diámetro exterior mayor que 12.750 pulgadas (323.9 mm)
- e. Un cambio de un grupo de espesor de pared a otro. Estos grupos se definen así:
  1. Espesor de pared nominal del tubo menor 0.188 pulgada (4.8 mm).
  2. Espesor de pared nominal del tubo desde 0.188 pulgada (4.8 mm) hasta 0.750 pulgada (19.1 mm).
  3. Espesor de pared nominal mayor que 0.750 pulgada (19.1 mm)



Nota: Esta figura muestra la localización de pruebas para juntas con diámetro externo mayor o igual que 2.375" (60.3 mm). Para juntas con diámetro menor que 2.375" (60.3 mm), las muestras deben ser cortadas desde el mismo lugar, pero 2 muestras deben sacarse de cada una de las soldaduras.

Figura 10 - Ubicación de las Muestras para Ensayo de Rotura de Muesca: Soldaduras de Ensayo para Calificación de Procedimiento y Soldador con Soldadura de Filete

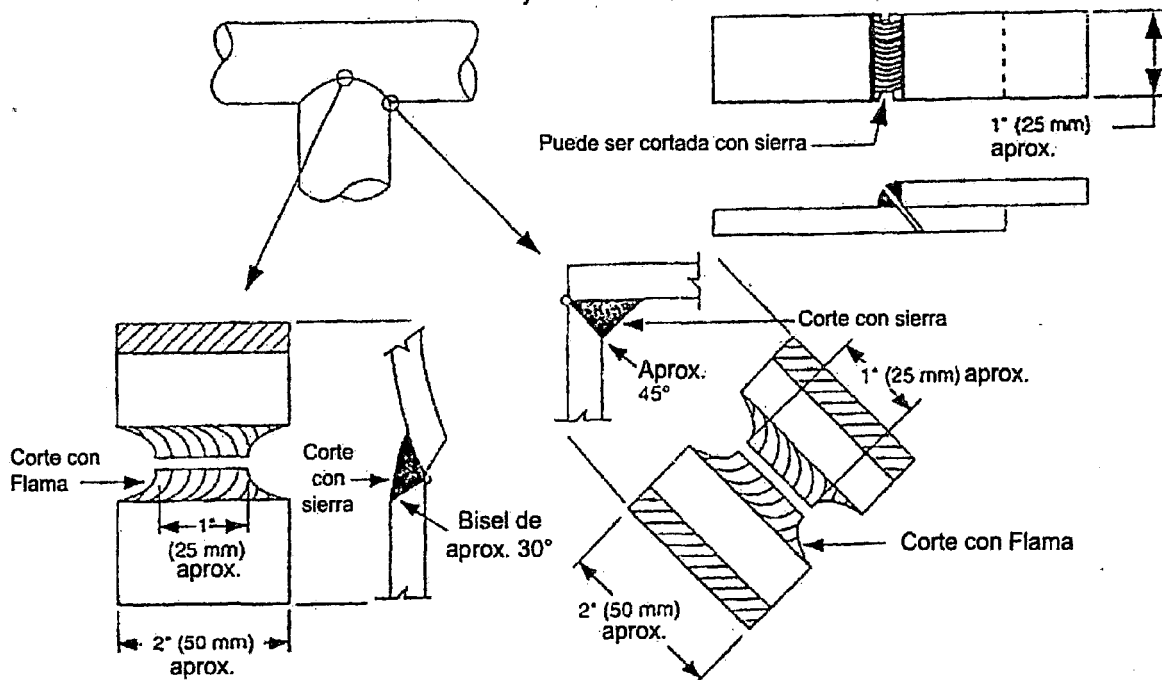


Figura 11 - Ubicación de las Muestras para Ensayo de Rotura de Muesca: Soldaduras de Ensayo para Calificación de Procedimiento y Soldador con Soldadura de Filete, incluyendo, lado por lado, conexión con la rama.

- f. Un cambio en posición desde aquella por la cual el soldador ya ha calificado (por ejemplo : un cambio de rotado a fijo ó un cambio de vertical a horizontal o viceversa). Un soldador que pasa satisfactoriamente un ensayo de calificación de soldadura a tope, en la posición fija con el eje inclinado en 45° desde el plano horizontal; debe ser calificado para hacer soldaduras a tope y soldaduras de filete en traslape en todas las posiciones .
- g. Un cambio en el diseño de la junta (eliminación de la tira de respaldo, o de Bisel en “V” a Bisel en “U”)

## 6.3 CALIFICACIÓN MÚLTIPLE

### 6.3.1 General

Para calificación múltiple, un soldador debe completar satisfactoriamente las dos ensayos descritos a continuación, utilizando procedimientos calificados.

El soldador debe primero efectuar una soldadura a tope en una posición fija con el eje de tubería, en el plano horizontal ó inclinado desde un plano horizontal a un ángulo que no exceda los 45°. Esta soldadura a tope debe efectuarse en una tubería que tiene un diámetro externo de por lo menos 6.625 pulgadas (168.3 mm) y con un espesor de pared de por lo menos 0.250 de pulgada (6.4 mm) sin una tira de respaldo. La soldadura debe ser aceptable si reúne los requerimientos de 6.4 y 6.5 o 6.6. Las muestras pueden ser removidas de la soldadura de ensayo en las ubicaciones mostradas en la Figura 12, o puede ser seleccionada en las ubicaciones relativas mostradas en la Figura 12, pero sin referencia a la parte superior del tubo, o pueden ser seleccionadas de ubicaciones que están espaciadas equidistantemente alrededor de la circunferencia total del tubo. La secuencia de los tipos de muestra adyacentes deben ser idéntica a la mostrada en la Figura 12 para los varios diámetros del tubo. La segunda prueba de calificación debe consistir en que el soldador demarque, corte, adapte y suelde una derivación de tamaño completo a una conexión de tubería.

Para el segundo ensayo el soldador debe trazar, cortar, ajustar y soldar una conexión de bifurcación de tamaño completo sobre el tubo. Este ensayo debe ser realizado con un diámetro de por lo menos 6.625 pulgadas (168.3 mm) y con un espesor nominal de pared de por lo menos 0.250 pulgadas (6.4 mm). Un agujero de tamaño completo debe ser cortado en el tubo principal. La soldadura debe ser realizada con el eje del tubo principal en posición

horizontal y el eje de bifurcación sobre el tubo extendiéndose verticalmente hacia abajo desde el tubo principal.

La soldadura terminada debe mostrar una apariencia ordenada, uniforme y profesional. La soldadura debe exhibir penetración completa alrededor de toda la circunferencia. Las costuras de raíz completadas no deben contener quemaduras transversas mayores que ¼ de pulgada (6 mm). La suma de todas las dimensiones máximas de quemaduras transversas no reparadas separadas en una longitud continua de 12 pulgadas (300 mm) de longitud de la soldadura no exceda ½ pulgada (13 mm).

Cuatro muestras de rotura de muesca deben ser removidas de la soldadura en las ubicaciones mostradas en la Figura 10. Estas deben ser preparadas y ensayadas según 5.8.1 y 5.8.2. Las superficies expuestas deben reunir los requisitos de 5.8.3.

### 6.3.2 Alcance

Un soldador que ha completado satisfactoriamente el ensayo de calificación de soldaduras a tope descrita en 6.3.1, en tuberías que tienen un diámetro de tubo de 12.750 pulgadas (323.9 mm) ó más y una soldadura de conexión de bifurcación de tamaño completo en un tubo con un diámetro mayor o igual que 12.750 pulgadas (323.9 mm) debe ser calificado para soldar en todas las posiciones: en todos los espesores de pared, diseños de junta, y accesorios; y en todos los diámetros del tubo. Un soldador que ha completado satisfactoriamente los requerimientos para soldaduras a tope, y de conexión de bifurcación de 6.3.1 en un tubo con un diámetro menor que 12.750 pulgadas (323.9 mm) debe ser calificado para soldar en todas las posiciones; en todos los espesores de pared, diseños de junta, y accesorios y en todos los diámetros de tuberías iguales ó menores a las que utilizó el soldador en los ensayos de calificación.

Si cualquiera de las siguientes variables esenciales se cambian en una especificación de procedimiento de soldadura, el soldador que utiliza el nuevo procedimiento debe ser recalificado.

- a. Un cambio de proceso de soldadura a cualquier otro proceso ó combinación de procesos, como sigue:
  1. Cambio de un proceso de soldadura a otro proceso diferente de soldadura; o
  2. Cambio en la combinación de procesos de soldadura, salvo que el soldador haya calificado en ensayos de calificación

separados, utilizando cada uno de los procedimientos de soldadura, que van a ser utilizados para la combinación de procesos de soldadura.

- b. Un cambio de dirección en la soldadura de vertical hacia arriba a vertical hacia abajo ó viceversa.
- c. Un cambio en la clasificación del metal de aporte del grupo 1 ó 2 al grupo 3 o del grupo 3 al grupo 1 ó 2 (Ver Tabla 1).

## 6.4 EXAMINACIÓN VISUAL

Para que la soldadura del ensayo de calificación reúna los requisitos para la examinación visual, ésta debe estar libre de rajaduras, penetración inadecuada, quemaduras – transversas y debe presentar una apariencia ordenada y profesional. La profundidad de la socavación colindante con la última costura en la parte exterior del tubo no debe exceder 1/32 de pulgada (0.8 mm) o 12.5% del espesor de la pared del tubo, considerando la que sea menor, y no deba haber más de 2 pulgadas (50 mm) de socavación en una longitud continua de soldadura de 12 pulgadas (300 mm).

Cuando se usa soldadura automática o semi-automática, se debe mantener al mínimo la cantidad de alambre de aporte que ingresa al interior del tubo.

Cualquier falla en cumplir los requisitos de esta subsección debe ser causa suficiente para eliminar pruebas adicionales.

## 6.5 PRUEBA DESTRUCTIVA

### 6.5.1 Muestreo de Soldaduras a Tope del Ensayo

Para el ensayo de soldaduras a tope, las muestras deben ser cortada de cada soldadura de ensayo. La figura 12 las ubicaciones desde la cual las muestras serán removidos si la soldadura de ensayo es una soldadura de circunferencia completa. Si la soldadura de ensayo consiste en segmentos de niples de tubería, un número aproximadamente igual de muestras se deben retirar de cada segmento. El número total de muestras y de ensayos a las cuales cada una será sometida se muestran en la tabla 3.

Las muestras deben ser enfriadas a la temperatura del ambiente antes de ser sometidas a ensayo. Para tubería con un diámetro menor o igual a 1.315 pulgada (33.4 mm), una muestra de una sección de tubería completa puede ser sustituida por muestras de doblado de raíz o de rotura de muesca.

Esta muestra de sección completa debe ser sometida a ensayo en concordancia 5.6.2.2 y debe reunir los requisitos de 5.5.3.

### 6.5.2 Procedimientos para Ensayos de Tensión, Rotura de Muesca y Dobleza para Soldaduras a Tope

Las muestras deben ser preparadas para los ensayos de Tensión, Rotura de Muesca y Dobleza y los ensayos deben ser efectuados como se describen en 5.6. Sin embargo, para el propósito de la calificación del soldador, no es necesario calcular la resistencia a la tensión de las muestras. El ensayo de tensión puede ser omitida y en este caso las muestras designadas para este ensayo deben ser sometidas al ensayo de rotura de muesca.

### 6.5.3 Requisitos del Ensayo de Tensión para Soldaduras a Tope

Para el ensayo de tensión, si cualquiera de las muestras de secciones reducidas ó la muestra de sección completa se rompen en la soldadura o en el empalme de la soldadura con el metal adyacente y no reúnen los requerimientos de solidez de 5.6.3.3, el soldador debe ser descalificado.

### 6.5.4 Requisitos del Ensayo de Rotura de Muesca para Soldaduras a Tope

Para el ensayo de Rotura de Muesca, si cualquier muestra revela defectos que excedan la cantidad permitida por 5.6.3.3, el soldador debe ser descalificado.

### 6.5.5 Requisitos del Ensayo de Dobleza para Soldaduras a Tope

Para los ensayos de dobleza, si cualquier muestra presenta defectos que excedan la cantidad permitida por 5.6.4.3 o 5.6.5.3, el soldador debe ser descalificado. Soldaduras en tuberías de alta resistencia quizás no se doblen para formar una “U” completa. Esto se debe considerar aceptables si las muestras que se rajan y se parten y sus superficies expuestas reúnen los requisitos de 5.6.3.3

Si una de las muestras para ensayo de dobleza falla y no llega a reunir estos requerimientos y, en la opinión del representante de la compañía, la imperfección observada no es representativa de la soldadura, la muestra de ensayo puede ser reemplazada por una muestra adicional cortadas adyacentes a una que ha fallado. El soldador debe ser descalificado si la muestra adicional también presenta imperfecciones que exceden los límite s especificados.

### 6.5.6 Muestreo de Soldaduras de Filete del Ensayo

Para ensayar soldaduras de filete, las muestras deben ser cortadas de cada soldadura de ensayo. La Figura 10 muestra los lugares desde donde las muestras deben ser removidas si la soldadura de ensayo es una soldadura de circunferencia completa niples de tubería, deben removerse un número aproximadamente igual de muestras de cada segmento. Las muestras deben ser enfriadas con aire a temperatura ambiente antes de la prueba.

### 6.5.7 Método de Prueba y Requisitos para Soldaduras a Tope

Las muestras de soldaduras con filete deben ser preparadas y el ensayo debe realizarse como se describe en 5.8.

## 6.6 RADIOGRAFÍA-SOLAMENTE SOLDADURAS A TOPE

### 6.6.1 General

Según opinión de la compañía, la calificación de la soldadura a tope puede ser examinada por radiografía en vez de los ensayos especificados en 6.5.

### 6.6.2 Requisitos de Inspección

Radiografías pueden ser hechas de cada una de las soldaduras de ensayo. El soldador debe ser descalificado si cualquiera de las soldaduras de ensayo no reúne los requisitos de 9.3.

La inspección radiográfica no debe ser utilizada con el propósito de localizar áreas sanas o áreas que contienen imperfecciones, y consecuentemente realizar pruebas en tales áreas para calificar ó descalificar un soldador.

## 6.7 PRUEBA NUEVA

Si, por mutuo acuerdo de la compañía y del contratista y representantes, un soldador falla al pasar la prueba de calificación por condiciones inevitables o más allá de su control, éste puede tener una segunda oportunidad para calificar.

No se tomaran más pruebas hasta que el soldador haya demostrado tener un entrenamiento subsecuente aceptado por la compañía.

## 6.8 REGISTROS

Se debe elaborar un registro de los ensayos que se dan a cada soldador y se deben anotar los resultados detallados de cada ensayo. Un formato similar al que se muestra en la Figura 2 debería ser usado. (Este formato debería ser desarrollado para satisfacer las necesidades particulares de la compañía, sin embargo, debe contar con suficientes detalles como para demostrar que la prueba de calificación contuvo los requisitos varios descritos en esta norma). Una lista de los soldadores calificados y los procedimientos en los cuales.

Si la soldadura de ensayo consiste en segmentos de calificados debe ser mantenida. Un soldador requerirá una recalificación si hay duda acerca de su habilidad.

**Tabla 3 – Tipo y Número de Muestras de Ensayo de Soldaduras a Tope por Soldador para Ensayo de Calificación del Soldador y Ensayo Destructivo de Soldaduras de Protección**

Diámetro Externo de la Tubería		Número de Especímenes					Total
Pulgadas	Milímetros	Resistencia a la Tensión	Rotura de Muesca	Doble de Raíz	Doble de Cara	Doble de Lado	
Espesor de pared $\leq 0.500''$ (12.70 mm)							
<2.375	<60.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4 <sup>a</sup>
2.375-4.500	60.3-114.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4
>4.500-12.750	114.3-323.9	2	2	2	2	0	8
>12.750	>323.9	4	4	4	4	0	16
Espesor de pared $> 0.500''$ (12.70 mm)							
$\leq 4.500$	$\leq 114.3$	0 <sup>b</sup>	2	0	0	2	4
>4.500-12.750	>114.3-323.9	2	2	0	0	4	8
>12.750	>323.9	4	4	0	0	8	16

<sup>a</sup> Para tubería menor o igual que 1.315" (33.4 mm) de diámetro externo, debe tomarse muestras desde 2 soldaduras o una muestra de resistencia a la tensión de sección completa.



## **7. Diseño y Preparación de una Junta para Soldadura de Producción**

### **7.1 GENERAL**

Las tuberías deben ser soldadas por soldadores calificados usando procedimientos calificados. Las superficies a soldarse deben ser lisas, uniformes, libres de rebabas, laminaciones, gotas, cascarilla, escoria, pintura y otros materiales deletéreos los cuales pueden afectar adversamente las soldaduras.

El diseño de la Junta y el espacio entre los extremos colindantes debe estar de acuerdo con las especificaciones del procedimiento de soldaduras a ser usado.

### **7.2 ALINEAMIENTO**

El alineamiento de los extremos colindantes debe minimizar el desnivel entre las superficies. El rebajo entre las superficies. Para extremos de tubería del mismo espesor nominal, el desnivel no debe exceder 1/8 de pulgada (3mm). Grandes variaciones son permitidas siempre y cuando la variación es causada por variaciones de la tubería y dimensiones dentro de las tolerancias especificadas para el tubo en la compra, y tales variaciones han sido distribuidas esencialmente uniforme alrededor de la circunferencia del tubo. El martilleo de la tubería para obtener un adecuado alineamiento debe mantenerse a un mínimo.

### **7.3 USO DE GRAMPAS DE ALINEAMIENTO PARA SOLDADURAS A TOPE**

Grampas de alineamiento deben ser usadas de acuerdo a la especificaciones del procedimiento.

Cuando sea posible retirar la grampa de alineamiento antes de terminar la costura de raíz, la igual parte completa de esta costura debe estar en segmentos aproximadamente

y éstos deben estar separados aproximadamente iguales alrededor de la circunferencia de la Junta. Sin embargo cuando una grampa de alineamiento interna es usada y las condiciones hacen difícil prevenir el movimiento de la tubería o si la tubería fuese sometida a tensión indebidamente, el cordón de raíz debe ser completada antes de liberar la tensión de la grampa. Segmentos de cordón de raíz usados en conexión con grampas externas deben ser uniformemente espaciados alrededor de la circunferencia de la tubería y deben tener una longitud acumulativa de

no menos de 50% de la circunferencia de la tubería antes que la grampa pueda ser retirada.

### **7.4 BISEL**

#### **7.4.1 Bisel de Fabrica**

Los extremos de las tuberías deben estar provistas con biseles de fabrica de acuerdo al diseño de unión usado en la especificación del procedimiento de soldadura.

#### **7.4.2 Bisel de Campo**

Los extremos de las tuberías deben ser biselados en campo por herramientas mecánicas o por máquinas de corte por oxígeno. Si es autorizado por la compañía, el corte manual por oxígeno puede también ser usado. Los extremos biselados deben ser razonablemente lisos y uniformes, y las dimensiones deben estar en concordancia con las especificaciones del procedimiento.

### **7.5 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS**

Las soldaduras no deben ser hechas cuando la calidad de la soldadura terminada pudiera ser afectada por las condiciones climáticas prevalentes, incluyendo pero no limitadas por la humedad, ventiscas de arena o fuertes vientos. Parabrisas de apantallamiento deben ser usadas cuando sea práctico. Los representantes de la compañía deben decidir si las condiciones climatológicas son apropiadas para soldar.

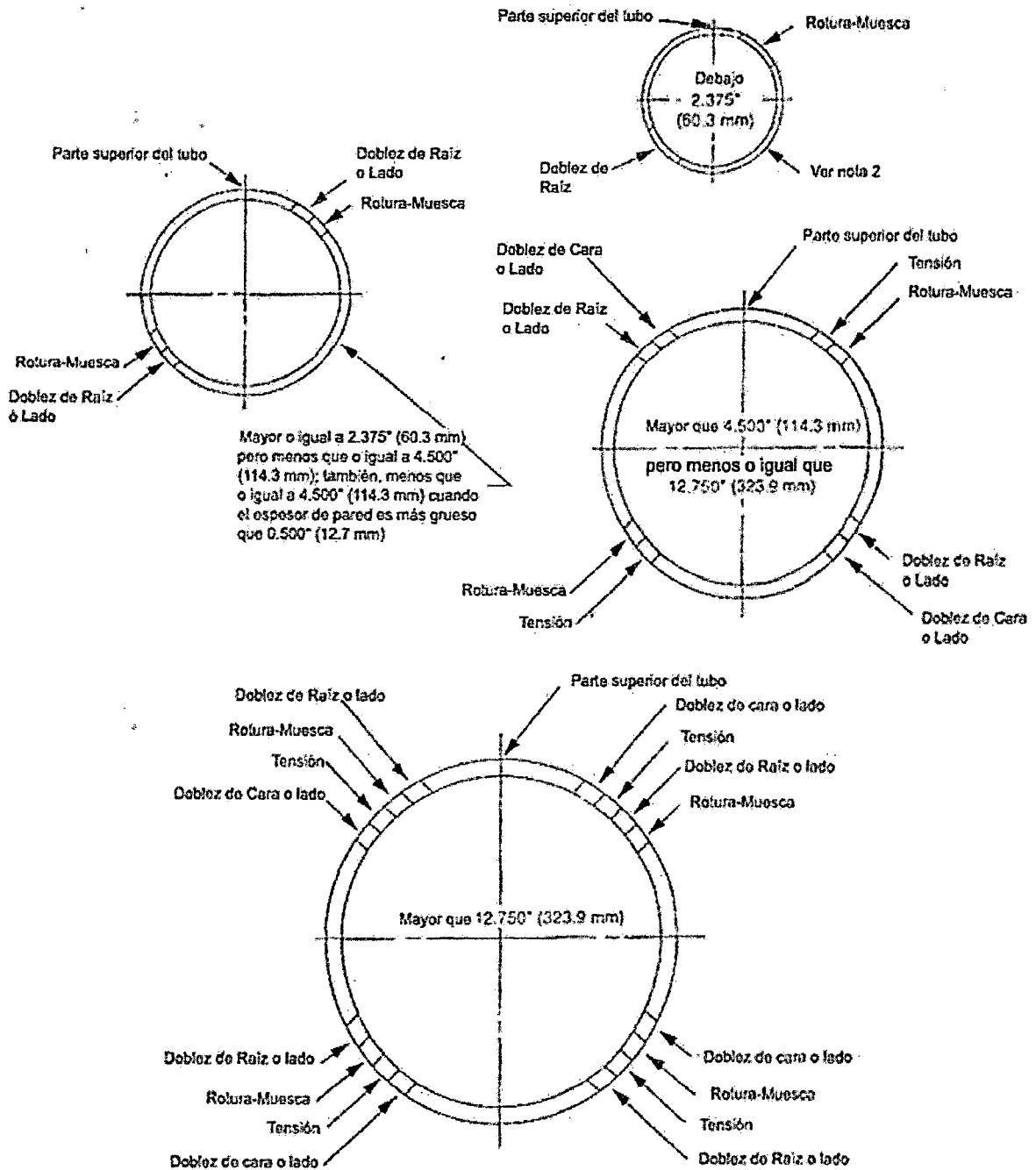
### **7.6 ESPACIO LIBRE**

Cuando la tubería es soldada encima de la tierra, el espacio libre de trabajo alrededor de la tubería en la soldadura no debe ser menos de 16". Cuando la tubería es soldada en la zanja el hueco de la misma debe ser de suficiente tamaño para brindarle al soldador o soldadores, fácil acceso a la junta.

### **7.7 LIMPIEZA ENTRE CORDONES**

La cascarilla y la escoria deben ser removidas de cada cordón y ranura. Herramientas eléctricas deben ser usadas cuando sea necesario en las especificaciones del procedimiento de soldadura, si no la limpieza debe ser a mano o con herramientas eléctricas.

Cuando es usada una soldadura automática o semi – automática, las agrupaciones de porosidad de la superficie, comienzos de cordones y puntos sobresalientes deben ser retirados por esmerilado de la superficie antes de depositar el metal de la



**Notas :**

1. A opción de la compañía, las ubicaciones pueden rotar, siempre que estén espaciadas igualmente alrededor del tubo; sin embargo, las muestras no deben incluir la soldadura longitudinal.
2. Una muestra para tensión de sección completa puede ser usada para tubo con un diámetro menor o igual que 1.315 pulg. (33.4 mm).

**Figura12- Ubicación de Muestras de Ensayo de Soldadura a Tope para Ensayo de Calificación de Procedimiento**

soldadura sobre ella. Adicionalmente, cuando la compañía lo pide, depósitos de vidrio pesado se deben retirar antes de depositar el metal de la soldadura.

## **7.8 SOLDADURA EN POSICIÓN**

### **7.8.1 Procedimiento**

Todas las soldaduras en posición deben ser hechas con las partes a ser unidas fijadas contra el movimiento y con adecuado espacio libre alrededor de la unión, a fin de permitir al soldador o soldadores espacio en el cual trabajar.

### **7.8.2 Cordones de Relleno y de Acabado**

Para soldadura de posición, el número de cordones de aporte y de acabado debe ser tal que la soldadura completada debe tener una sección transversal, sustancialmente uniforme alrededor de toda la circunferencia del tubo. En ningún punto la superficie de la corona debe estar por debajo de la superficie externa de la tubería, no debe estar elevada por encima del metal aleñado en más de 1/16 pulgada (1.6 mm).

Dos cordones no deben empezar en la misma ubicación. La cara de la soldadura completada debe ser aproximadamente un 1/8 de pulgada (3 mm) más grande que el ancho de la ranura original. La soldadura terminada debe ser específicamente cepillada y limpiada.

## **7.9 SOLDADURA EN MOVIMIENTO**

### **7.9.1 Alineamiento**

A discreción de la compañía, las soldaduras por movimiento debe ser permitida si el alineamiento es mantenido por el uso de vigas de asiento o de una estructura con un armazón que tenga un adecuado número de rodillos rodantes para prevenir el pandeo hacia lo largo de la tubería soportada.

### **7.9.2 Cordones de Relleno y Acabado**

Para soldadura por Rotación, el número de cordones de relleno y acabado debe ser tal que la soldadura completada tiene una sección transversal sustancialmente uniforme alrededor de toda la circunferencia del tubo. En ningún punto debe la superficie de la corona estar por debajo de la superficie de la tubería que debe estar elevada por encima del metal aleñado en más de 1/16 pulgada (1.6 mm).

La cara de soldadura completa debe ser aproximadamente un 1/8 pulgada (3 mm) más grande que el ancho de la ranura original.

Tal como progrese la soldadura, la tubería debe ser rotada para mantener el punto de soldadura en ó cerca del tope de la tubería. La soldadura completada debe ser eficazmente cepillada y limpiada.

## **7.10 IDENTIFICACIÓN DE SOLDADURAS**

Cada soldador debe identificar su trabajo en la forma prescrita por la compañía.

## **7.11 TRATAMIENTO PRE Y POST CALENTAMIENTO**

La calificación del procedimiento de soldadura debe especificar las prácticas de pre y post calentamiento que debe ser seguidas cuando las condiciones climáticas ó materiales hagan a uno ó ambos necesarios.

## **8. Inspección y Ensayos de Soldaduras de Producción**

### **8.1 DERECHOS DE INSPECCIÓN**

La compañía debe tener el derecho a inspeccionar todas las soldaduras por medios no destructivos ó por remoción de las soldaduras y sometiéndolas a pruebas mecánicas. La inspección puede ser hecha durante la soldadura ó después que la misma ha sido terminada. La frecuencia de la inspección debe ser especificada por la compañía.

### **8.2 MÉTODOS DE INSPECCIÓN**

Pruebas no destructivas pueden consistir en inspecciones radiográficas u otro método especificado por la compañía. Los métodos usados deben producir indicaciones de defectos, los cuales puedan ser exactamente interpretados y evaluados.

Las soldaduras deben ser evaluadas sobre la base de cada sección 9 o, a opción de la compañía, el Apéndice A. En el último caso, inspección mas extensiva para determinar el tamaño de la imperfección, es requerido.

Los Ensayos destructivos deben consistir en la remoción de la soldadura completa, seccionamiento de las soldaduras dentro de las probetas, y la examinación de las muestras. Las muestras deben ser preparadas y reunir los requerimientos de 6.5. La compañía debe tener derecho a aceptar o rechazar cualquier soldadura que no reuniera los requerimientos del método por el que ellos fueron inspeccionados. El soldador que

haga una soldadura que no cumpla los requerimientos deben ser descalificado para posteriores trabajos.

Los operadores de equipo de inspección no destructiva pueden ser solicitados para demostrar la capacidad del procedimiento de inspección para detectar defectos y la habilidad del operador para interpretar apropiadamente las indicaciones dadas por el equipo. Pruebas que consisten en métodos de trepanación no deben ser usados.

### **8.3 CALIFICACIÓN DEL PERSONAL DE INSPECCIÓN**

El personal de inspección de soldadura debe estar calificado mediante experiencia y entrenamiento para la tarea de inspección especificada que realizan. Sus calificaciones deben ser aceptadas por la compañía. La documentación de estas calificaciones las retiene la compañía, y deben incluir aunque no esté limitado lo sgte:

- a) Educación y Experiencia
- b) Entrenamiento
- c) Resultados de Examinaciones de calificación.

### **8.4 CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL DE LA PRUEBA NO DESTRUCTIVA**

#### **8.4.1 Procedimientos**

El personal de ensayo no destructivo debe estar certificado en los niveles I, II y III según las recomendaciones de la ASNT, Practica Recomendada No. SNT-TC-1A, ACCP, u otro programa de certificación nacional reconocida que sea aceptado por la compañía en cuanto al método utilizado. Solo el personal Nivel II ó III debe interpretar resultados del ensayo.

#### **8.4.2 Registro**

La compañía debe mantener un registro del personal certificado en el ensayo no destructivo. El registro debe incluir los resultados de los ensayos de certificación, la agencia y persona que garantiza la certificación, y la fecha de certificación. El personal del ensayo no destructivo puede ser requerido para ser certificado nuevamente según opción de la compañía, y si existe alguna duda en cuanto a su habilidad. El personal de la prueba no destructiva Niveles I y II debe ser nuevamente certificado al menos cada 3 años. El personal de la prueba no destructiva Nivel III debe ser nuevamente certificado cada 5 años.

## **9 Normas de Aceptación para Ensayos No Destructivos**

### **9.1 GENERAL**

Las normas de Aceptación presentadas en esta sección se aplican a imperfecciones localizadas mediante los métodos de ensayos radiográfico, de partícula magnética, de líquido penetrante y de ultrasonido. También pueden ser aplicados a una inspección visual. La prueba no destructiva no debe ser utilizada para seleccionar soldaduras sujetas a la prueba destructiva según el punto 8.1.

### **9.2 DERECHOS DE RECHAZO**

Todos los métodos de ensayo no destructivo están limitados en la información que deriva de las indicaciones que ellos producen. La compañía puede por lo tanto, rechazar cualquier soldadura que aparente reunir estas normas de aceptación de aceptación si, desde su punto de vista, la profundidad de cualquier imperfección puede ser perjudicial para la soldadura.

### **9.3 PRUEBA RADIOGRÁFICA**

Nota.-Las densidades referidas desde 9.3.1 a 9.3.13 se basan en imágenes negativas.

#### **9.3.1 Penetración Inadecuada Sin Desalineamiento**

La penetración inadecuada sin desalineamiento (IP) se define como el llenado incompleto de la raíz de la soldadura. Esta condición es presentada esquemáticamente en la Figura 13. La IP debe ser considerada un defecto si existiese alguna de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de IP excede 1" (25mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de IP en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede 1" (25mm).
- c) La longitud agregada de indicaciones de IP excede 8% de la longitud de soldadura en una soldadura de menos de 12" (300mm) de longitud.

#### **9.3.2 Penetración Inadecuada debido a Desalineamiento**

La penetración inadecuada debido a desalineamiento (IPD), se define como la condición que existe cuando un extremo de la raíz esta expuesto (o desligado) porque la tubería adyacente o uniones de accesorios están mal alineadas. Esta condición se muestra esquemáticamente en la

Figura 14. La IPD debe ser considerada un defecto si existe alguna de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de IPD excede 2" (50mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de IPD en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede 3" (75mm).

### 9.3.3 Penetración Transversal Inadecuada

La ICP se define como una imperfección sub - superficial entre el primer pase interior y el primer pase exterior causada por penetrar inadecuadamente las caras verticales. Esta condición se muestra esquemáticamente en la Figura 15. La ICP debe ser considerada un defecto si existe alguna de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de ICP excede 2" (50mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de ICP en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede 2" (50mm).

### 9.3.4 Fusión Incompleta

La fusión incompleta (IF) se define como una imperfección superficial entre el metal de soldadura y el metal base que esta abierto a la superficie. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 16.

La IF debe ser considerada un defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de IF excede 1" (25mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de IF en 12" continuas de soldadura excede 1" (25mm).
- c) La longitud agregada de indicaciones de IF excede 8% de la longitud de la soldadura en cualquier soldadura menor que 12" de longitud.

### 9.3.5 Fusión Incompleta Debido a Superposición Fría

La fusión incompleta debido a superposición fría (IFD) se define como una imperfección entre dos cordones adyacentes de soldadura, o entre el metal de soldadura y el metal base que no esta abierto a la superficie. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 17. La IFD debe ser considerada un defecto si existe alguna de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de IDF excede 2" (50 mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de IDF en una longitud continua de 12"(300 mm) de soldadura excede 2" (50 mm).
- c) La longitud agregada de indicaciones de IDF excede 8% de la longitud de soldadura.

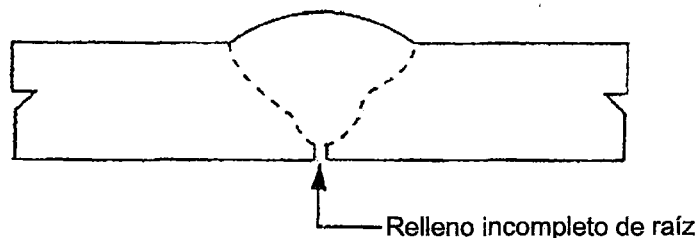
### 9.3.6 Concavidad interna

La concavidad interna (IC) es definida en 3.2.7 y mostrada esquemáticamente en la Figura 18. Cualquier longitud de concavidad interna es aceptable, siempre y cuando la densidad de la imagen radiográfica de la IC no exceda la del material base adyacente más delgado. Para áreas que exceden dicha densidad, se aplica el criterio de quemadura transversal (Ver 9.3.7).

### 9.3.7 Quemadura – Transversal

9.3.7.1 Una quemadura transversal (BT) es definida como una porción del cordón de raíz donde la penetración excesiva ha causado que la soldadura se haya soplado dentro de la tubería.

9.3.7.2 Para una tubería con un diámetro externo



Nota: Una o ambas caras de raíz pueden estar inadecuadamente rellenas en la superficie interna.

Figura 13 - Penetración Inadecuada con Desalineamiento (IP)

mayor o igual a 2.375" (60.3mm), una BT debe ser considerada un defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) La dimensión máxima excede ¼ (6mm) y la densidad de la imagen de las BTs excede la del material base adyacente más delgado.
- b) La dimensión máxima excede el más delgado de los espesores de pared nominal unidos, y la densidad de la imagen de la BT excede la del material base adyacente más delgado.
- c) La suma de las dimensiones máximas de BTs reparadas cuya densidad de imagen excede la del material base adyacente más delgado, excede ½" (13mm) en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura de la longitud total.

**9.3.7.3** Para una tubería con un diámetro externo menor que 2.375" (60.3mm), una BT debe ser considerada un defecto cuando existe una de las siguientes condiciones:

- a) La dimensión máxima excede ¼" (6mm) y la densidad de la imagen de las BTs excede la del material base adyacente más delgado.
- b) La dimensión máxima excede el más delgado de los espesores de pared nominal unidos, y la densidad de la imagen de las BTs excede la del material base adyacente más delgado.
- c) Más de una BT de cualquier tamaño está presente y la densidad de más de una de las imágenes excede la del material base adyacente más delgado.

### 9.3.8 Inclusiones de Escoria

**9.3.8.1** Una inclusión de escoria es un sólido no metálico atrapado en metal de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal de tubería. Inclusiones alargadas de escoria (líneas continuas ó interrumpidas de escoria, o carrileras en raíz) son encontradas generalmente en las zonas de fusión. Inclusiones aisladas de escoria (ESIs) son inclusiones irregularmente formadas y pueden ser ubicadas en cualquier lugar en la soldadura. Para propósitos de evaluación, cuando el tamaño de una indicación radiográfica de escoria es medida, la dimensión máxima de la indicación debe ser considerada en su longitud.

**9.3.8.2** Para una tubería con un diámetro externo mayor o igual a 2.375" (60.3mm), las inclusiones de escoria deben ser consideradas como defecto si existe alguna de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación ESI excede 2" (50mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones ESI es una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede 2" (50mm).
- c) El ancho de una indicación ESI excede 1/16" (1.6mm).
- d) La longitud agregada de indicaciones ISI en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede ½" (13mm).

Nota: Las indicaciones ESI separadas aproximadamente por el ancho de la costura de raíz (carrileras) deben ser consideradas como una indicación simple a menos que el ancho de cualquiera de ellas exceda 1/32" (0.8mm).

En tal caso, deben considerarse como indicaciones separadas.

- e) El ancho de una indicación ISI excede 1/8" (3mm).
- f) Más de 4 indicaciones ISI con el ancho máximo de 1/8" (3mm) están presentes en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura.
- g) La longitud agregada de indicaciones ESI e ISI excede el 8% de la longitud de la soldadura

**9.3.8.3** Para una tubería con un diámetro externo menor que 2.375" (60.3mm), las inclusiones de escoria deben ser consideradas como defecto si existe alguna de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación ESI excede 3 veces el más delgado de los espesores nominales de pared unidos.

Nota: Las indicaciones ESI separadas aproximadamente por el ancho de la costura de raíz (carrileras) deben ser consideradas como una indicación simple a menos que el ancho de cualquiera de ellas exceda 1/32" (0.8mm).

En tal caso, deben considerarse como indicaciones separadas.

- b) El ancho de una indicación ESI excede 1/16" (1.6mm).
- c) La longitud agregada de indicaciones ISI excede 2 veces el más delgado de los espesores nominales de pared unidos, y el ancho excede por la mitad el más delgado de los espesores de pared unidos.
- d) La longitud agregada de indicaciones ESI o ISI excede en 8% la longitud de la soldadura.

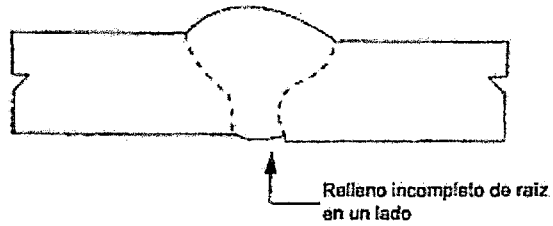


Figura 14 - Penetración Inadecuada debido a Desalineamiento (IPD)



Figura 15 - Penetración Transversal Inadecuada (ICP)

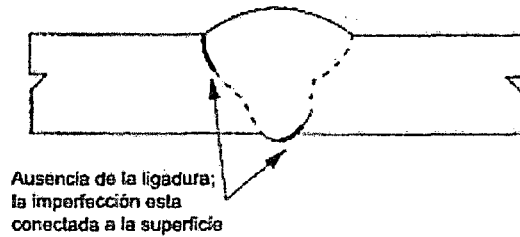
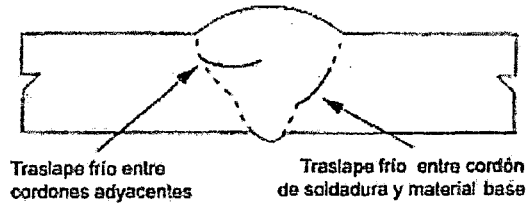


Figura 16 - Fusión Incompleta en el cordón de raíz o tope de la junta (IF)



Nota : El traslape frío mostrado no está conectada a la superficie

Figura 17 - Fusión Incompleta debido a Traslape Frío (IFD)

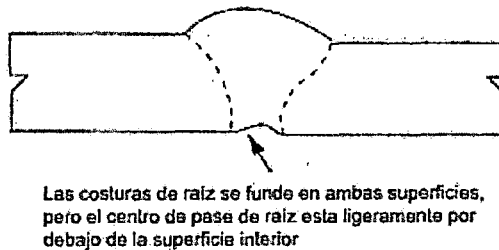


Figura 18 - Concavidad Interna (IC)

### 9.3.9 Porosidad

**9.3.9.1** La porosidad se define como un gas atrapado por la solidificación del metal de soldadura antes de que el gas tenga la oportunidad de elevarse hasta la superficie de la mezcla fundida y escapar. La porosidad es generalmente esférica, pero puede tener forma alargada o irregular, como la porosidad en tuberías (carcoma). Cuando se mide el tamaño de una indicación radiográfica producida por un poro, la dimensión máxima de tal indicación debe aplicarse según los criterios desde 9.3.9.2 hasta 9.3.9.4.

**9.3.9.2** La porosidad individual o dispersa debe considerarse como defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) El tamaño de un poro individual excede 1/8" (3mm).
- b) El tamaño de un poro individual excede el 25% del espesor más delgado de pared nominal unido.
- c) La distribución de la porosidad dispersa excede la concentración permitida por las Figuras 19 ó 20.

**9.3.9.3** Porosidad Agrupada (CP) que ocurre en algún pase excepto en el pase final debe cumplir con los criterios del punto 9.3.9.2. La CP que ocurre en el pase final debe ser considerada defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) El diámetro de la agrupación excede 1/2" (13"mm).
- b) La longitud agregada de CP en 12" (300mm) continuas e longitud, de la soldadura excede 1/2" (13mm).
- c) Un poro individual dentro de la agrupación excede 1/16" (2mm) en tamaño.

**9.3.9.4** Porosidad de cordón hueco (HC) se define como una porosidad lineal alargada que ocurre en el pase de raíz. La HB debe considerarse defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de HB excede 1/2" (13mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de HB en 12" (300mm) continuas de soldadura excede 2" (50mm).
- c) Las indicaciones individuales de HB, cada una mayor que 1/4" (6mm) de longitud, están separadas por menos de 2" (50mm).

- d) La longitud agregada de todas las indicaciones de HB excede en 8% la longitud de la soldadura.

### 9.3.10 Rajaduras

Las rajaduras deben ser consideradas defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) La rajadura, de cualquier tamaño o ubicación en la soldadura, no es una rajadura poco profunda de cráter o una rajadura estrella.
- b) La rajadura es una rajadura de cráter o estrella poco profunda con una longitud que excede 5/32" (4mm).

*Nota:* Las rajaduras cráter o estrella poco profundas están localizadas en el punto de parada de las cordones de soldadura y son resultado de las contracciones del metal de soldadura durante la solidificación.

### 9.3.11 Socavación

La socavación es definida como una ranura fundida dentro del material base hacia el pie o raíz de la soldadura y no estar llena del metal de soldadura.

La socavación adyacente al pase de acabado (EU) o pase de raíz (IU) debe ser considerada defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) La longitud agregada de indicaciones de EU e IU, en cualquier combinación, en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede en 2" (50mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones de EU e IU, en cualquier combinación, excede en 1/6 de la longitud de soldadura.

*Nota:* Ver 9.7 para las normas de aceptación para socavación cuando se emplean mediciones visual y mecánica.

### 9.3.12 Acumulación de Imperfecciones

Excluyendo penetración incompleta por desalineamiento y socavación, cualquier acumulación de imperfecciones (AI) debe ser considerado defecto si existe una de las siguientes condiciones:

- a) La longitud agregada de indicaciones en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede 2" (50mm).
- b) La agregada de indicaciones excede en 8% la longitud de la soldadura.

### 9.3.13 Imperfecciones de Tubería o Accesorios

Las imperfecciones en la tubería o accesorios, detectadas por la prueba radiográfica deben ser



reportadas a la compañía. La disposición debe ser dirigida por la compañía.

## **9.4 ENSAYO DE PARTÍCULA MAGNÉTICA**

### **9.4.1 Clasificación de Indicaciones**

**9.4.1.1** Las indicaciones producidas por la prueba de partícula magnética no necesariamente son imperfecciones. Las variaciones magnéticas y metalúrgicas pueden producir indicaciones similares a aquellas producidas por imperfecciones pero que no son relevantes para su aceptabilidad. Cuando se evalúan indicaciones debe aplicarse los criterios del punto 9.4.1.2 y 9.4.1.3.

**9.4.1.2** Cualquier indicación con una dimensión máxima de 1/16" (1.6mm) o menos debe ser clasificada como no relevante. Cualquier indicación mayor considerada para ser no relevante, puede ser observada como relevante bajo una re-examinación por partícula magnética u otro método de ensayo no destructivo para determinar si existe una imperfección real. La superficie puede estar en tierra o condicionada antes de la reexaminación. Después que una indicación es determinada no relevante, otras indicaciones no relevantes del mismo tipo no necesitan ser reexaminadas.

**9.4.1.3** Las indicaciones relevantes son aquellas causadas por imperfecciones. Las indicaciones lineales son aquellas en las que la longitud es 3 veces más que el ancho. Las indicaciones redondeadas son aquellas en las que la longitud es 3 veces el ancho ó menos.

### **9.4.2 Normas de Aceptación**

Las indicaciones relevantes deben ser consideradas defectos si existe una de las sgte. Condiciones:

- a) Las indicaciones lineales evaluadas como rajaduras, cráter ó estrella excedan 5/32" (4mm) de longitud.
- b) Las indicaciones lineales son evaluadas como rajaduras aparte de rajaduras cráter ó de estrella.
- c) Las indicaciones lineales son evaluadas como IF y exceden 1" (25mm) de longitud total en una longitud continua de 12" (300mm) de longitud de soldadura ó 8% de longitud total de soldadura.

Las indicaciones redondeadas deben ser evaluadas según los criterios de 9.3.8.2 y 9.3.8.3, según sea aplicable. Para propósitos de evaluación, la

dimensión máxima de una indicación redondeada debe ser considerada en su tamaño.

*Nota:* Cuando existe duda sobre el tipo de imperfección que está siendo descubierta por una indicación, la verificación puede ser obtenida utilizando otros métodos no destructivos.

### **9.4.3 Imperfección de Tuberías ó Accesorios**

Las imperfección de tuberías ó accesorios detectados por partículas magnética deben ser reportadas a la compañía. Su disposición debe ser dirigida por la compañía.

## **9.5 PRUEBA DE LÍQUIDO PENETRANTE**

### **9.5.1 Clasificación de Indicaciones**

**9.5.1.1** Las indicaciones producidas por prueba de penetrante líquido no son necesariamente imperfecciones. Las marcas producidas por máquinas, las roturas y las condiciones de la superficie pueden producir indicaciones similares a aquellas producidas por imperfecciones, pero que no son relevantes para su aceptabilidad. Cuando se evalúa indicaciones, se aplican los criterios de 9.5.1.2 y 9.5.1.3.

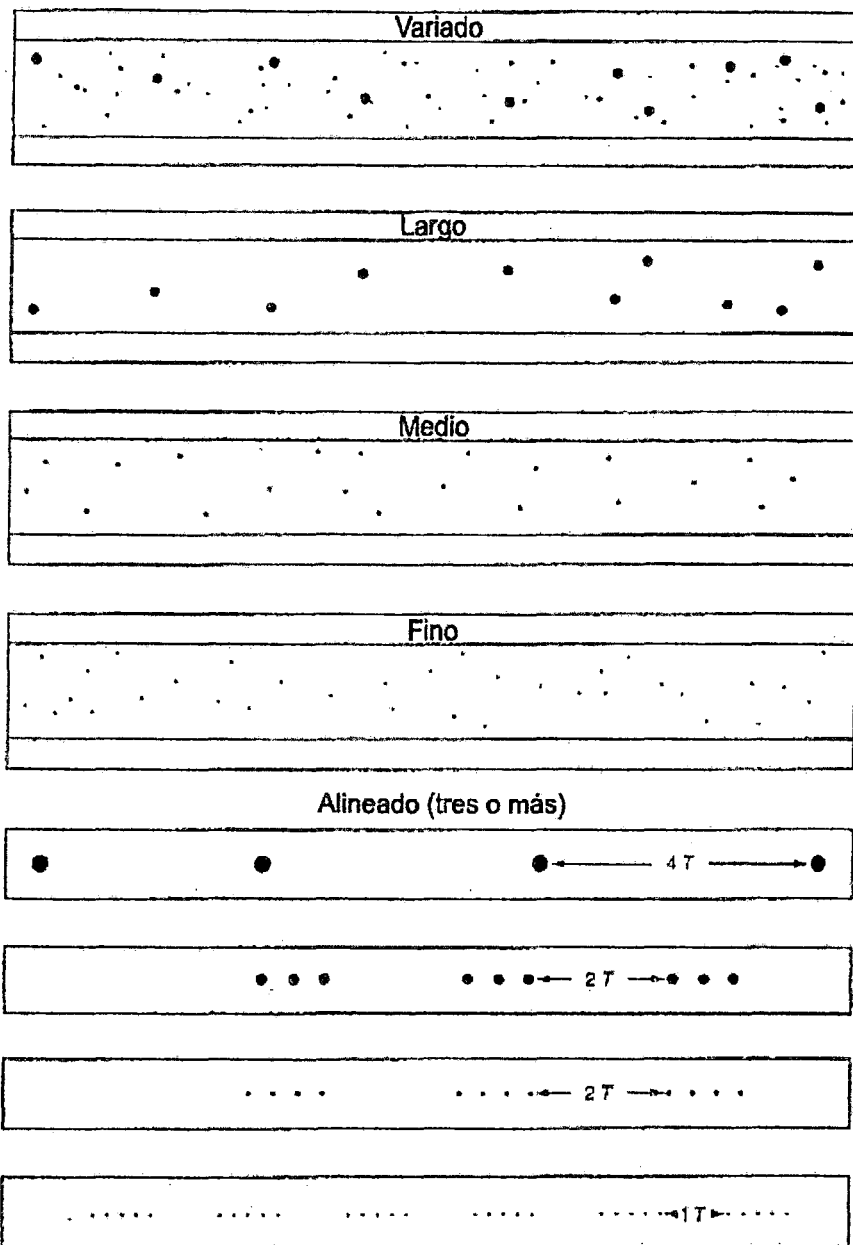
**9.5.1.2** Cualquier indicación con una dimensión máxima de 1/16" (1.6mm) o menos debe ser clasificada como no relevante debe ser observada como relevante hasta ser reexaminado por líquido penetrante u otro método de prueba no destructiva para determinar si existe una imperfección real. La superficie puede estar en tierra o condicionada antes de la reexaminación. Después que una indicación es determinada no relevante, otras indicaciones no relevantes del mismo tipo no necesitan ser reexaminadas.

**9.5.1.3** Las indicaciones relevantes son aquellas causadas por imperfecciones. Las indicaciones lineales son aquellas en las que la longitud es 3 veces más el ancho. Las *indicaciones redondeadas* son aquellas en las que la longitud es 3 veces el ancho ó menos.

### **9.5.2 Normas de Aceptación**

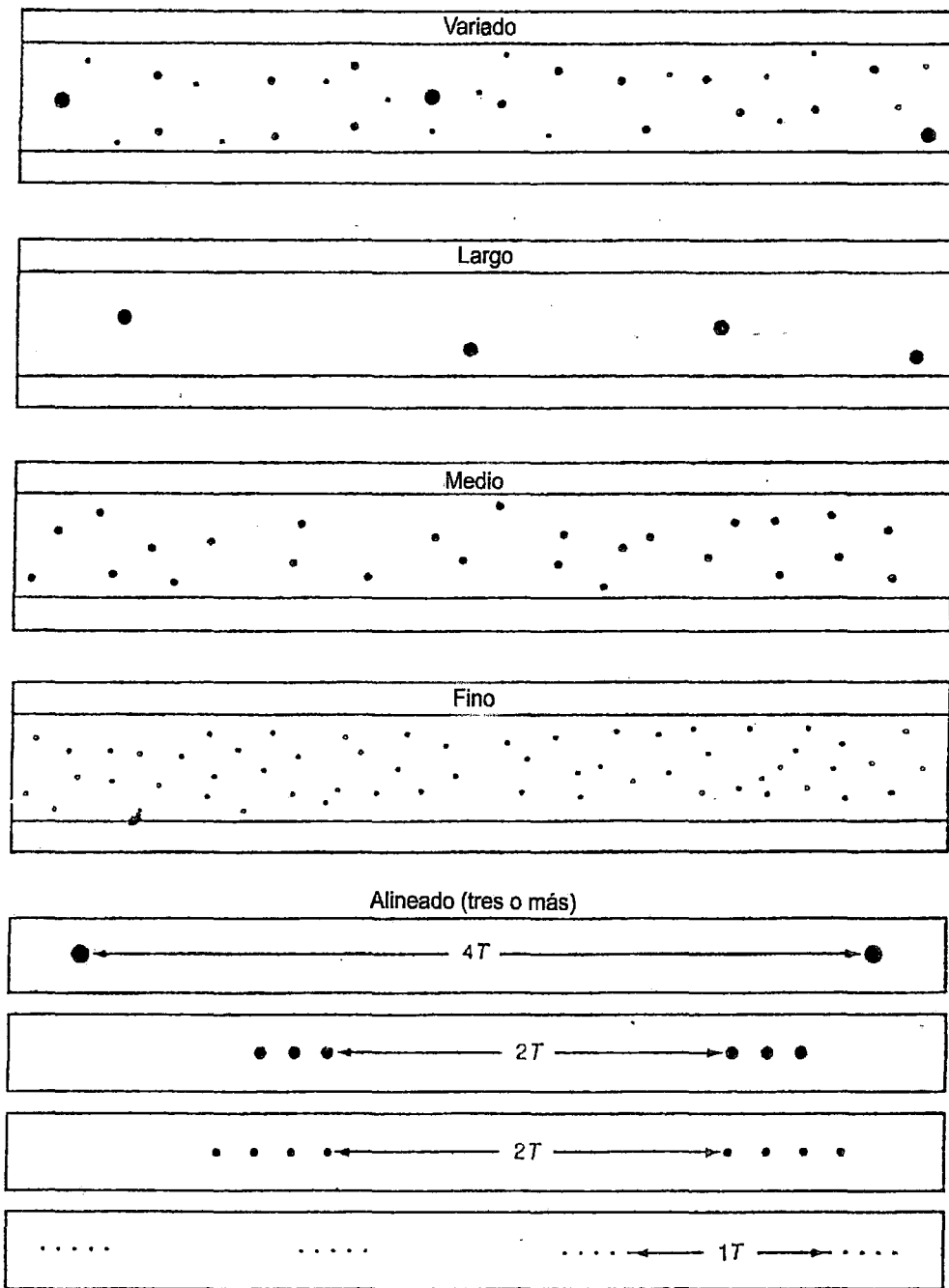
Las indicaciones relevantes deben ser consideradas defectos si existe una de las sptes. condiciones:

- a) Las indicaciones lineales son evaluadas como rajaduras, cráter ó estrella excedan 5/32" (4mm) de longitud.



Nota: El tamaño de las Bolsas de Gas no esta dibujado a escala; para dimensiones, referirse Tabla 9.3.9.

Figura 19 - Distribución Máxima de Bolsa de Gas: Espesor de Pared Menores o Iguales que 0.500" (12.7 mm)



Nota: El tamaño de las Bolsas de Gas no está dibujado a escala; para dimensiones referirse Tabla 9.3.9.

Figura 20 - Distribución Máxima de Bolsas de Gas: Espesores de Pared Mayores que 0.500" (12.7 mm)

- b) Las indicaciones lineales son evaluadas como rajaduras aparte de rajaduras cráter ó de estrella.
- c) Las indicaciones lineales son evaluadas como IF y exceden 1" (25mm) de longitud total en una longitud continua de 12" (300mm) de longitud de soldadura ó 8% de longitud total de soldadura.

Las indicaciones redondeadas deben ser evaluadas según los criterios de 9.3.8.2 y 9.3.8.3, según sea aplicable. Para propósitos de evaluación, la dimensión máxima de una indicación redondeada debe ser considerada en su tamaño.

### 9.5.3 Imperfecciones de Tubería

Las imperfección de tuberías ó aditivos detectados por partículas magnética deben ser reportadas a la compañía. Su disposición debe ser dirigida por la compañía.

*Nota:* Cuando existan dudas acerca del tipo de imperfección que esta siendo descubierta por la indicación, la verificación puede ser obtenida usando otros métodos de ensayos no destructivos.

## 9.6 ENSAYO DE ULTRASONIDO

### 9.6.1 Clasificación de Indicaciones

**9.6.1.1** Las indicaciones producidas por la prueba ultrasónica no son necesariamente defectos. Los cambios en la geometría de la soldadura debido al desnivel de los extremos del tubo en contacto, cambios en el perfil del refuerzo de la soldadura de raíz ID y pases de acabado O.D; achaflanado interno, y conversión del modo de la onda ultrasónica debido a tales condiciones, pueden causar indicaciones geométricas similares a aquellas causados por imperfecciones de soldadura pero que no son relevantes para su aceptabilidad.

**9.6.1.2** Las indicaciones lineales están definidas como indicaciones en su máxima dimensión en la dirección de la longitud de soldadura. Las indicaciones lineales típicas pueden ser causadas por, aunque no limitadas, los sgtes. tipos de imperfección: penetración inadecuada sin desalineamiento (IP), penetración inadecuada con desalineamiento (IPD), penetración transversal inadecuada (ICP), fusión incompleta (IF), fusión incompleta por superposición fría (IFD), inclusión de escoria alargada (ESI), rajaduras (C), socavación adyacente al pase de acabado (EU) ó paso de raíz (IU), y porosidad de cordón hueco (HB).

**9.6.1.3** Las indicaciones transversales se definen como indicaciones con su mayor dimensión transversal a la soldadura. Las indicaciones transversales típicas pueden ser causadas por, aunque no limitadas, los sgtes. tipos de imperfecciones: rajaduras (C), inclusión de escoria alargada (ESI), fusión incompleta por superposición fría (IFD), y arranques / paradas en los pases de soldadura.

**9.6.1.4** Las indicaciones volumétricas son definidas como indicaciones tridimensionales. Tales indicaciones pueden ser causadas por inclusiones simples ó múltiples, vacíos ó poros. Los vacíos parcialmente llenados, los poros, ó las inclusiones en los arranques / paradas en los pases de soldadura pueden causar indicaciones más grandes en dirección transversal que en la dirección de la longitud de la soldadura. Las indicaciones volumétricas típicas pueden ser causadas, aunque no limitadas, por los sgtes. tipos de imperfecciones: concavidad interna IC, quemadura transversal BT, inclusiones de escoria aislada ISI, Porosidad (P) y porosidad agrupada (CP).

**9.6.1.5** Las indicaciones relevantes son aquellas causadas por imperfecciones. Las indicaciones relevantes deben ser evaluados según el nivel de evaluación dado en 11.4.7, en las normas de aceptación dadas en 9.6.2.

*Nota:* Cuando existe duda sobre el tipo de imperfección mediante alguna indicación, puede verificarse utilizando otros métodos no destructivos.

### 9.6.2 Patrones de Aceptación

**9.6.2.1** Las indicaciones determinadas como rajaduras deben ser consideradas defectos.

**9.6.2.2** Las indicaciones de superficie lineal (LS) (además de las rajaduras) interpretadas como abiertas la superficie I.D. ó O.D. deben ser consideradas defectos si existe una de las sgtes. condiciones:

- a) La longitud agregada de indicaciones LS en una longitud continua de 12"(300mm) de soldadura excede 1" (25mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones LS excede 8% de la longitud de la soldadura.

**9.6.2.3** Las indicaciones lineales enterradas (LB) (además de las rajaduras) interpretadas como subsuperficie dentro de la soldadura y no conectadas

**Tabla 4 – Dimensiones Máximas de Socavación**

<b>Profundidad</b>	<b>Longitud</b>
> 1/32" (0.8 mm) ó > 12.5 % espesor de pared de tubería, cual sea más pequeño.	No aceptable.
> 1/64" (0.4 mm) ó > 6% - 12.5% de espesor de pared de tubería, cual sea más pequeño.	2" (50 mm) en 12" continuas (300 mm) de longitud de soldadura ó 1/6 longitud de soldadura, cual sea más pequeña.
≤ 1/64" (0.4 mm) ó > 6% de espesor de pared de tubería, cual sea más pequeño.	Aceptable, sin importar la longitud.

con la superficie I.D. ó O.D. deben ser consideradas defectos si existe una de las sgtes. condiciones:

- a) La longitud agregada de indicaciones LB en una longitud continua de 12" (300mm) de soldadura excede 1" (25mm).
- b) La longitud agregada de indicaciones LB excede 8% de la longitud de la soldadura.

**9.6.2.4** Las indicaciones transversales (T) (además de las rajaduras) deben ser consideradas volumétricas, y evaluadas utilizando los criterios para indicaciones volumétricas. La letra T debe ser utilizada para designar todas las indicaciones transversales reportadas.

**9.6.2.5** Las indicaciones agrupadas volumétricas (VC) deben ser consideradas defectos cuando la dimensión máxima de indicaciones de VC exceden 1/2" (13mm).

**9.6.2.6** Las indicaciones individuales volumétricas (VI) deben ser considerarse defectos cuando la dimensión máxima excede 1/4" (6mm) tanto en ancho como en longitud.

**9.6.2.7** Las indicaciones de raíz volumétricas (VR) interpretadas como abiertas a la superficie ID deben ser consideradas defectos si existe una de las siguientes condiciones:

- a) La dimensión máxima de indicaciones VR excede 1/4" (6mm).
- b) La longitud total de indicaciones VR excede 1/2" (13mm) en una longitud continua de 12" (300mm).

**9.6.2.8** Cualquier acumulación de indicaciones relevantes (AR) debe ser considerada como defecto cuando existe una de las siguientes indicaciones:

- a) La longitud agregada de indicaciones por encima del nivel de evaluación excede 2" (50mm) en 12" (300mm) de longitud de soldadura.

- b) La longitud agregada de indicaciones por encima del nivel de evaluación excede el 8% de la longitud de la soldadura.

### **9.6.3 Imperfecciones de Tubería o Accesorios**

Las imperfecciones en la tubería o accesorios detectados por la prueba de ultrasonido deben ser reportadas a la compañía. Su disposición debe ser dirigida por la compañía.

## **9.7 PATRONES DE ACEPTACIÓN VISUAL PARA SOCAVACIÓN**

### **9.7.1 General**

La socavación está definida en 9.3.11. Las normas de aceptación en el punto 9.7.2 complementa pero no reemplaza los requisitos de inspección visual encontrados en cualquier lugar de esta norma.

### **9.7.2 Patrones de Aceptación**

Cuando los medios visuales y mecánicos son utilizados para determinar la profundidad, la socavación adyacente al cordón de acabado o de raíz no debe exceder las dimensiones dadas en la Tabla 4. Cuando las mediciones mecánicas y radiográficas están disponibles, gobiernan las mecánicas.

## **10. Reparación y Eliminación de Defectos**

### **10.1 AUTORIZACIÓN PARA REPARACIÓN**

#### **10.1.1 Rajaduras**

Las soldaduras rajadas deben ser eliminadas desde la línea a menos que lo permita el punto 9.3.10 o cuando la compañía autoriza reparación. Las rajaduras pueden ser reparadas siempre y cuando la longitud de la rajadura sea menor al 8% de la longitud de la soldadura, y se utilice un procedimiento de reparación calificado.

**10.5.1** La soldadura debe ser realizada por un trabajador calificado.

### **10.1.2 Defectos Aparte de las Rajaduras**

Los defectos en los cordones de raíz y de relleno pueden ser reparadas previa autorización de la compañía. Los defectos en el pase de acabado pueden ser reparados sin autorización de la compañía. Se requiere un procedimiento de reparación calificado cuando se realiza una reparación a una soldadura utilizando un proceso diferente de aquel utilizado en hacer la soldadura original, o cuando se realizan reparaciones de un área previamente reparada.

## **10.2 PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN**

Cuando se requiere un procedimiento de reparación este debe ser establecido y calificado para demostrar que una soldadura con propiedades mecánicas y solidez apropiados puede ser producida. Esto debe ser determinado por la prueba destructiva, y el tipo y número de tales ensayos deben ser determinados a discreción de la compañía.

El procedimiento de reparación debe incluir, como mínimo, lo siguiente:

10.2.1 Método de exploración del defecto.

10.2.2 Método de eliminación del defecto.

10.2.3 La ranura de reparación debe ser examinada para confirmar la eliminación total del defecto.

10.2.4 Requisitos para tratamiento de precalentamiento y entre pases

10.2.5 Procesos de soldadura y otra información específica contenida en 5.3.2.

10.2.6 Requisito para ensayo no destructivo entre pases.

## **10.3 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN**

**10.3.1** Las áreas reparadas deben ser inspeccionadas por los mismos medios previamente utilizados. Si lo prefiere la compañía, esta puede reinspeccionar toda una soldadura que contenga una reparación del mismo modo que el permitido para inspeccionar cualquier soldadura de producción (Ver 8.1 y 8.2). Las reparaciones deben reunir las normas de aceptabilidad de la sección 9.

## **10.4 SUPERVISIÓN**

**10.4.1** La reparación debe ser realizada bajo la supervisión de un técnico experimentado en técnicas de soldadura de reparación.

## **10.5 SOLDADOR**

# **ANEXO F**

**REGLAMENTO DE DISTRIBUCION DE  
GAS NATURAL POR RED DE DUCTOS-  
DECRETO SUPREMO N° 042-99-EM**

**Artículo 21.-** El Concesionario debe instalar sistemas de telemetría en el Sistema de Distribución para monitorear la presión y el flujo del sistema en puntos estratégicos del mismo. Estos parámetros serán transmitidos al sistema de Supervisión, Control y Monitoreo de Condiciones Operativas (SCADA).

Las estaciones de medición y regulación de presión deben contar con sistemas de detección de humo, Gas Natural, fuego y otros que sean aplicables, los cuales también estarán interconectados al sistema SCADA.

**Artículo 22.-** El Concesionario debe contar con un sistema redundante de comunicaciones propio para el respaldo del sistema SCADA.

El Concesionario debe implementar a todo su personal y vehículos de intervención y de atención de emergencias, con aparatos de radio receptores-transmisores de última tecnología, en adición a los sistemas telefónicos de tipo móvil o fijo.

**Artículo 23.-** Las estaciones principales deberán cumplir con las siguientes características:

a) Las estaciones de medición y regulación de presión, deben estar equipadas con unidades de generación auxiliar o de suministro de potencia ininterrumpida (UPS), equipos de protección contra incendio, y centro de control.

b) El centro de control de la estación debe estar adecuadamente separado del equipamiento al cual controla.

c) Las edificaciones se deberán construir con materiales incombustibles.

d) Las líneas de conducción eléctrica y telefónica, deben tener cubierta protectora para prevenir daños mecánicos y mordedura de roedores.

**Artículo 24.-** Todas las tuberías de acero e instalaciones metálicas del Sistema de Distribución deben ser protegidas contra la corrosión externa según se indica en el Título IV de las presente Normas de Seguridad.

**Artículo 25.-** En cualquier Estación de Distribución, el nivel de emisión de ruido no debe exceder de 60 decibeles medidos en el límite de propiedad de la Estación.

**Artículo 26.-** Las tuberías y componentes del Sistema de Distribución y el equipamiento de las Estaciones de medición, regulación de presión y los sistemas de odorización deben ser probados y certificados previamente en fábrica.

### TITULO III

#### INSTALACION Y CONSTRUCCION

**Artículo 27.-** Manual para la Construcción

Antes del inicio de la construcción, deberá entregarse al OSINERG el Manual para la Construcción y un programa de construcción.



Las especificaciones para las diferentes fases de los trabajos de construcción del Sistema de Distribución contenidos en el Manual para la Construcción, deben contener los suficientes detalles para verificar que han sido elaboradas de acuerdo con las presentes Normas de Seguridad y con otras normas aplicables.

La ejecución de los trabajos de construcción deberán realizarse en estricto cumplimiento de lo establecido en las presentes Normas de Seguridad, el Manual de Diseño, el Manual para la Construcción y demás documentos que hayan sido entregados al OSINERG.

## **Capítulo Primero**

### **Instalación de Líneas**

**Artículo 28.-** Para la Instalación de Líneas, el Concesionario deberá efectuar las coordinaciones necesarias, cumpliendo como mínimo con lo siguiente:

a) Para la confección de los planos de obra para el tendido de las Líneas del Sistema de Distribución, deberá coordinar con los Municipalidades, autoridades locales pertinentes y las compañías que brindan los diversos servicios (agua, desagüe, energía eléctrica, telefonía, televisión por cable, etc.), para tomar conocimiento de la ubicación exacta de las líneas de los otros servicios.

b) Previamente al inicio de los trabajos de excavación para el tendido de las Líneas, deberá notificar a la Municipalidad de la zona.

c) Finalizados los trabajos de instalación, el Concesionario deberá alcanzar a la Municipalidad y compañías de servicios, los planos conforme a las obras de las instalaciones realizadas.

**Artículo 29.-** Se debe tener cuidado en la selección de los equipos y métodos utilizados para la manipulación, transporte, y almacenamiento de tubería, para prevenir daños de la misma.

Se deberá tener especial cuidado con la tubería y accesorios de material plástico para protegerlos de la luz solar durante su almacenamiento por largos Periodos.

**Artículo 30.-** El proceso de soldadura de tuberías de acero del Sistema de Distribución, se realizará de acuerdo a lo indicado en el Título III Capítulo Tercero de las presentes Normas de Seguridad.

El proceso de unión de tuberías de material plástico del Sistema de Distribución, se realizará de acuerdo a lo indicado en la Norma ANSI/ASME B31.8. Podrán utilizarse los métodos de fusión por calor, electrofusión o mecánicos. Estos trabajos de unión deberán ser realizados de acuerdo a procedimientos previamente calificados, los cuales deberán haber sido probados y certificados como capaces de lograr uniones tan fuertes como las tuberías que están uniendo. Asimismo antes de realizar estos trabajos, deberán calificarse a los operarios.

**Artículo 31.-** La Instalación de Líneas se rige por los siguientes principios:

a) La profundidad de las zanjas donde irán instaladas las Líneas del Sistema de Distribución, debe estar de acuerdo a las especificaciones de diseño.

b) El fondo de las zanjas debe ser conformado de manera de que funcione como una adecuada cama-soporte para las Líneas.

c) Las tuberías deben ser depositadas en las zanjas evitando se originen esfuerzos no permisibles ni deformaciones. En el caso de tubería de acero, se cuidará que su revestimiento no sufra daño alguno. En el caso de tubería plástica se cuidará que no sufra cortes ni raspaduras.

d) La funcionalidad del sistema que será usado para localizar las tuberías plásticas de polietileno enterradas debe ser verificado antes de finalizar la instalación, incluyendo la verificación de la continuidad del cable de conducción eléctrica.

e) Las tuberías plásticas deberán protegerse con tuberías de mayor diámetro ("conduit" o "casings") en los lugares donde se considere que podrían estar sometidas a daños externos o deterioros.

f) El relleno de las zanjas debe estar constituido íntegramente por material libre de piedras, restos de pavimento, etc. El relleno debe ser realizado de manera que se impida que las tuberías y sus revestimientos (en el caso de tubería de acero), sufran daños por el material de relleno o por subsecuentes trabajos en la superficie.

g) El relleno deberá ser compactado cumpliendo con lo establecido en el Reglamento Nacional de Construcciones. Se deberá limpiar el área de trabajo de todo vestigio y restaurar la superficie a las condiciones originalmente encontradas.

h) A lo largo de las calles con un porcentaje igual o superior al noventa por ciento 90% de edificación continua de más de cuatro (4) pisos de altura y con espacios sin pavimentar de menos de dos (2) metros entre la edificación y la Línea, el espesor mínimo de las tuberías que operen a una presión mayor a diez (10) bar (145 lbf/in<sup>2</sup>) deberá ser de nueve coma cinco (9,5) mm. Además, en caso que esta situación se prolongue por más de (uno) 1 kilómetro a lo largo del trazado de la tubería, como ocurre en los sectores centrales de las principales ciudades, la presión deberá limitarse a un máximo de diez (10) bar (145 lbf/in<sup>2</sup>).

En estas mismas zonas, las Líneas que operen a presiones sobre seis (6) bar (87 lbf/in<sup>2</sup>) deberán contar con válvulas de corte automático, espaciadas, como máximo, a mil seiscientos (1.600) metros.

i) Los Concesionarios deberán entregar a los Municipios correspondientes, planos donde se señale el trazado de las tuberías que se localicen dentro de la respectiva comuna y las distancias mínimas a edificaciones que se hubieren considerado en dicho trazado, a efecto que dichas Municipalidades cuenten con estos antecedentes al autorizar nuevas construcciones, edificaciones u otras obras civiles o la habilitación de espacios abiertos destinados a esparcimiento o a la concurrencia masiva de personas.

Si una construcción, edificación u obra civil interfiriera con las distancias mínimas que se hubieran considerado en la construcción de un Sistema de Distribución, el Concesionario deberá dar aviso al OSINERG, quien, en coordinación con la DGH establecerá las medidas adicionales de seguridad que sea pertinente adoptar.

**Artículo 32.-** Las Líneas que operen a presiones menores o iguales a diez (10) bar (145 lbf/in<sup>2</sup>) cumplirán con lo siguiente:

a) Las tuberías de cobre o plástico sólo podrán utilizarse para presiones de hasta seis (6) bar (87 lbf/in<sup>2</sup>).

b) La distancia mínima desde las Líneas a las edificaciones, será de (un) 1 metro, excepto en las Acometidas. Si lo anterior no fuera posible, tal distancia podrá ser reducida, siempre y cuando se utilicen sistemas de protección para las tuberías. El diseño de tales sistemas de protección, así como

las distancias mínimas a considerar en estos casos, deberá ser aprobado previamente por OSINERG. En todo caso, las distancias mínimas no podrán ser inferiores a treinta (30) cm. (\*)  
RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS(8)

c) Las Acometidas que se construyan utilizando tuberías plásticas deberán estar enterradas. En ningún caso podrá utilizarse tubería plástica en el interior de las edificaciones.

d) Los reguladores que atiendan instalaciones internas, que operen a presiones inferiores a cincuenta (50) milibar (0,73 lbf/in<sup>2</sup>), deberán contar con un dispositivo de bloqueo automático que actúe cuando la presión de suministro descienda de los valores mínimos establecidos por la empresa distribuidora.

**Artículo 33.-** Las Líneas que operen a más de diez (10) bar (145 lbf/in<sup>2</sup>) de presión, cumplirán con lo indicado en los siguientes incisos.

Para efecto del presente Artículo, el factor de diseño F, resultante de las condiciones de diseño y operación, será el que se calcule de acuerdo a la fórmula indicada en el punto 841.11 (a), de la Norma ANSI/ASME B31.8, para lo cual deberán utilizarse los valores reales de los parámetros en ella incluidos.

a) Deberá cumplirse el requisito de distancia mínima a edificaciones existentes o en etapa de construcción con licencia de construcción aprobado a la fecha de la solicitud de Concesión, conforme a la tabla siguiente:

**TABLA 1**

**DISTANCIAS MINIMAS A EDIFICACIONES, EN METROS, SEGÚN DIAMETRO Y PRESION**

Diámetro Nominal de Tubería en pulgadas		Máxima Presión de Operación	
Mayor que	Hasta	10 a 19 bar (145 a 275 lbf/in <sup>2</sup> )	100 bar (1.450 lbf/in <sup>2</sup> )
0	6	10	20
6	12	12	23
12	18	16	28
18	24	19	37
24	30	22	44
30	36	26	55
36	42	33	65

En el caso de presiones intermedias se deberá interpolar linealmente:

b) No obstante lo señalado en el inciso anterior, cuando el factor de diseño F, resultante de las condiciones de diseño y operación, sea igual o menor que tres décimos (0,3), las distancias a edificaciones indicadas en la Tabla 1 podrán ser reducidas a los valores mínimos señalados en la Tabla 2, siempre que se cumplan las condiciones que se precisan en ella:

**TABLA 2**

**DISTANCIAS MINIMAS A EDIFICACIONES, EN METROS, SEGUN PRESION Y ESPESOR DE LA**

## TUBERIA

(Para  $F \leq 0,3$ ). (\*)RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS(9)

Máxima Presión de Operación Bar. (lbf/in <sup>2</sup> )	Espesor Nominal de la Tubería en milímetros		
	( a )	( b )	( c )
	$e > 11,1$	$9,5 < e < 11,1$	$e < 9,5$
10 (145) < p < 30 (435)	3	6	14
30 (435) < p < 50 (725)	3	7	16
50 (725) < p < 80 (1.160)	3	9	20
80 (1.160) < p < 100 (1.450)	3	12	24

c) En los casos en que no fuere posible dar cumplimiento a las condiciones que hacen aplicable la Tabla 2, para rebajar las distancias mínimas de las Líneas a las edificaciones deberán utilizarse sistemas de protección para las tuberías. El diseño de tales sistemas de protección, así como las distancias mínimas a las edificaciones a considerar en estos casos, deberá ser aprobado previamente por OSINERG en coordinación con la DGH. En todo caso, las distancias mínimas a edificaciones no podrán ser inferiores a tres (3) metros.

A objeto de facilitar el cumplimiento de lo señalado en el párrafo anterior, el OSINERG deberá establecer las características generales de diseño de tales sistemas de protección. (\*)RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS(10).

En el caso de tuberías de diámetros externos de dos y tres octavos (2,375) pulgadas y de uno coma trescientos quince (1,315) pulgadas, el empleo de sistemas de protección, en los términos antes indicados, permitirá utilizar las distancias indicadas en la columna (b) de la Tabla 2 cuando los espesores nominales de las tuberías sean iguales o superiores a siete coma uno (7,1) mm y cuatro coma cinco (4,5) mm respectivamente.

Como excepción a lo indicado en el inciso b), se aceptará que, en el caso de tuberías cuyo diámetro externo sea igual o menor que diez y tres cuartos (10 ¾) pulgadas y su espesor igual o mayor a nueve coma dos (9,2) mm, puedan emplearse las distancias indicadas en la columna (b) de la tabla 2. (\*)RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS(11).

d) Las distancias mínimas a edificaciones indicadas en los incisos a) y b), podrán ser reducidas en las zonas definidas como clase de ubicación 1 ó 2 según la Norma ANSI/ASME B31.8, cuando se utilicen los criterios de control de propagación de fractura indicados en el punto 841.11 (c) de dicha norma, cualquiera sea el diámetro de la tubería. Las alternativas de reducción de distancias serán las siguientes:

I Cuando el factor de diseño F sea igual o menor que un medio (0,5), se podrá utilizar los valores de la Tabla 2.

II Cuando el factor de diseño F sea igual o menor que seis décimos (0,6) y el espesor nominal de la tubería sea igual o superior a once coma uno (11,1) mm, se podrán utilizar las distancias mínimas indicadas en la columna (c) de la Tabla 2, siempre que se utilicen valores de energía de la prueba Charpy, especificada en el punto 841.11, (c), (2) de la norma (\*)RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS(12) ANSI/ASME B31.8, iguales al mayor valor resultante de la aplicación de las fórmulas alternativas allí indicadas, con un valor mínimo absoluto de cuarenta (40) Joule. (29,5 lbf\*ft). (\*)RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS (13)

e) Las distancias mínimas a edificaciones indicadas en los incisos a) y b) no serán exigibles en el caso que las edificaciones estén ubicadas en recintos destinados a procesar, almacenar o

expende gas natural comprimido. En estos casos, se estará a lo que dispongan las normas y reglamentos técnicos específicos. (\*)RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS (14)

f) Las tuberías proyectadas para ser instaladas en zonas que, a la fecha de su ejecución, correspondan a clases de ubicación 3 ó 4, según la definición de la Norma ANSI/ASME B31.8, deberán operar a presiones iguales o inferiores a cincuenta (50) bar (725 lbf/in<sup>2</sup>). Sólo en el caso en que existan comprobadas limitaciones topográficas o geológicas, o imprescindible necesidad de suministro a redes de distribución, las tuberías podrán operar a presiones mayores en dichas zonas, pero en tal caso su trazado y presión deberán ser aprobado previamente por la DGH.

g) Los tramos que se instalen en plazas, parques, calles o caminos públicos deberán tener un espesor nominal igual o superior a once coma uno (11,1) mm o; alternativamente, un espesor nominal no menor a nueve coma uno (9,5) mm, pero en este caso, las tuberías deberán estar ubicadas a una profundidad mínima de un 40% mayor que las indicadas en la Norma ANSI/ASME B31.8, para la clase de ubicación que corresponda. Como excepción, podrán emplearse tuberías de diámetro externo igual o menor a diez y tres cuartos (10 ¾) pulgadas y de espesor nueve coma dos (9,2) mm, siempre que se dé cumplimiento al requisito de mayor profundidad antes indicado.

Asimismo, los tramos de tubería que sean instalados en zonas en las que existan proyectos de obras que involucren el movimiento de tierra u obras de pavimentación, deberán quedar ubicados a una profundidad tal que las obras asociadas a dichos proyectos no afecten la seguridad de la tubería. La existencia de proyectos de obras en una zona determinada deberá ser consultada con la autoridad correspondiente. (\*)RECTIFICADO POR FE DE ERRATAS (15)

Como alternativa al cumplimiento de los requisitos de profundidad y espesor a que se refieren los incisos anteriores, podrán emplearse sistemas de protección para las tuberías, de acuerdo a lo señalado en el inciso c).

**Artículo 34.-** La construcción de cruces de las Líneas con cursos de agua, líneas férreas, autopistas y carreteras, debe realizarse siguiendo estrictamente el diseño especificado en forma individual para cada caso.

Se debe tener especial cuidado en realizar la protección contra la corrosión exterior de las tuberías de acero en cada cruce, según sea especificado en el diseño individual respectivo.

No se permitirá realizar cruces aéreos utilizando tubería plástica.

**Artículo 35.-** La detección y reparación de defectos en las tuberías y accesorios, debe realizarse cumpliendo como mínimo las exigencias indicadas en la Norma ANSI/ASME B31.8. La reparación de defectos mediante parchado de las tuberías de acero, no está permitida.

El estado del revestimiento de las tuberías de acero, debe revisarse antes y después de su instalación en las zanjas.

## Capítulo Segundo

### Supervisión e Inspección

**Artículo 36.-** La supervisión e inspección para la instalación del Sistema de Distribución, debe asegurar la buena calidad del material, la correcta construcción de sus instalaciones y las pruebas de verificación y aceptación; conforme se especifican en las presentes Normas de Seguridad.

El OSINERG podrá fiscalizar cualquiera de las fases del proyecto.

# **ANEXO G**

**MANUAL DE DISEÑO DE REDES DE  
GAS NATURAL EN LIMA Y CALLAO**

Las Redes, estarán constituidas por tuberías de acero de diversos diámetros y tendrán por objeto, en general, ingresar con el Gas Natural en zonas con clase de trazado 1 ó 2; esto definido de acuerdo a lo establecido en la norma ANSI/ASME B31.8.

Las Redes en media presión que operaran a menor presión, estarán constituidas por tuberías de acero de diversos diámetros y tendrán por objeto, en general, ingresar con el gas natural en zonas más urbanizadas con respecto a donde se ubica la Red Principal.

Tendrán como función principalmente alimentar las ERP-BP de las Redes de baja presión y el suministro a clientes comerciales/industriales/GNV's en los casos que la situación así lo determine a través de ERM.

Operando a un nivel de presión inferior, las Redes de baja presión en acero, constituidos por tuberías de diversos diámetros, tendrán como objeto principal la distribución en zonas industriales, alimentando los clientes comerciales/industriales/GNV's a través de ERM. También alimentaran las ERP-BP de las Redes de baja presión en polietileno.

Finalmente, operando al más bajo nivel de presión, las Redes de baja presión en polietileno, constituidas por tuberías de diversos diámetros, tendrán como objeto principal la distribución residencial, comercial y pequeña industria, alimentando dichos clientes a través de gabinetes de regulación y medición.

Fundamentalmente, las Otras Redes consistirán en:

- Un sistema de Distribución aguas arriba del City Gate (Lurin) para clientes de generación eléctrica principalmente, el cual consistirá de Redes de alta presión en acero;
- Un sistema de Distribución aguas abajo del City Gate (Lurin) para clientes residenciales, comerciales, pequeños industriales y GNV's, el cual consistirá de Redes de baja presión en polietileno; y,
- Un sistema de Distribución aguas abajo del City Gate (Lurin) a las Estaciones reguladoras de presión y a los clientes industriales y GNV's, el cual consistirá de Redes de acero en media y baja presión.

### 6.1.3. Niveles de presión

#### 6.1.3.1. Descripción y rangos

El Concesionario ha determinado los siguientes niveles de presión de diseño y operación para el Sistema de Distribución:

Designación	Presión de diseño	MAPO	Presión mínima de operación
Red Principal	50 bar	50 bar	27 bar
Otra redes			
Red de alta Presión	153 bar	153 bar	Dependerá de los criterios operativos de GNLC $\approx$ 50 bar.
Red de media presión	19 bar	19 bar	Dependerá de criterios operativos del Concesionario
Red de baja presión – acero	19 bar	10 bar	Dependerá de criterios operativos del Concesionario
Red de baja presión – polietileno	5 bar	5 bar	0.5...1 bar


#### 6.1.3.2. Consideraciones y sustento

##### 6.1.3.2.1. Red Principal:


# **ANEXO H**

**PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y  
CALIFICACIÓN DE SOLDADOR CON SUS  
RESPECTIVOS REPORTES DE ENSAYOS  
DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS**



 COMERCIALIZADORA <b>S &amp; E</b> PERÚ S.A.C	<b>DISTRIBUCION GAS NATURAL EN ZONAS INDUSTRIALES DE LIMA Y CALLAO</b>	<b>S&amp;E/EPS-05</b>
	<b>ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>	Edición 0 Fecha 10/01/11
	<b>S&amp;E/EPS -05</b>	Hoja 1 de 3

ESPECIFICACION DE LAS VARIABLES (API 1104-2010- Reaf.)	
PQR - SOPORTE: S&E/PQR - 04	
VARIABLES	DESCRIPCION
Proceso	SMAW (raíz, relleno y acabado)
Material (Tuberías y accesorios)	Mínimo Esfuerzo de Fluencia especificado menor ó igual a 42,000 psi (290 MPa).
Diámetro	Mayor a 323.9 mm (12.75")
Espesor de pared	Desde 4.8 mm (0.188") hasta 19.1 mm (0.75")
Diseño de la junta	"V" (A TOPE)
Metal de aporte (raíz)	AWS - A5.1 E6010
Metal de aporte (relleno-acabado)	AWS - A5.5 E7010-A1
Numero de pases	Multipasadas
Características eléctricas	VER TABLA
Dirección de soldadura	DESCENDENTE (Raíz) / DESCENDENTE (Relleno Acabado)
Posición de la junta	Toda Posición, fija
Numero de soldadores	2
Tiempo entre pasadas	5 minutos máximo entre primera y segunda pasada, las demás antes de las 24 horas.
Tipo de presentador	Externo (mecánico)
Retiro de presentador	Como minimo después de terminado el 50% del pase de Raíz.
Limpieza y / o amolado	Esmeril en pase raíz y el resto de pases cepillo circular
Pre-calentamiento	N. A.
Post- calentamiento	N. A.

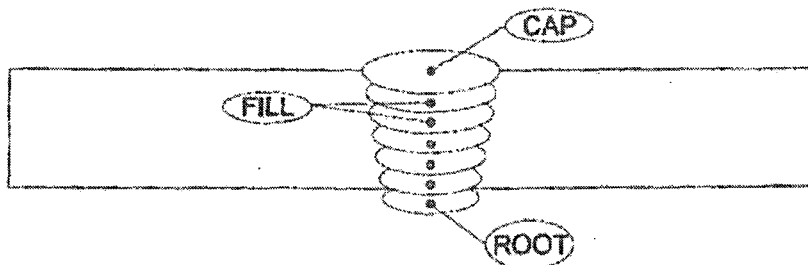
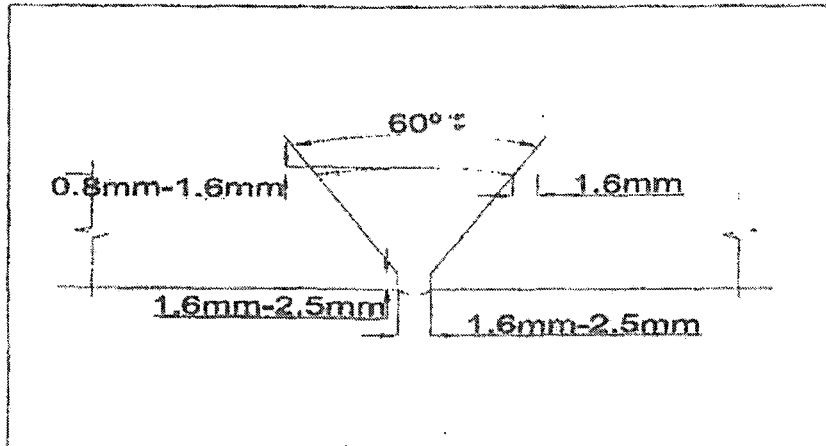
  
 Salomón Vargas Góngales  
 CMI (Módulo)  
 OCT 1999 - 01/2012  
 Supervisor de Soldadura

 <b>Cálida</b> GAS NATURAL DEL PERÚ <b>REDES EXTERNAS</b>	
APROBADO APROBADO CON OBSERVACIONES <input type="checkbox"/> No R <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Comercializadora S&E PERÚ S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Salomón Vargas Góngales S&E QA/QC	REVISADO  17-02-2011 Supervisión GNLC

CON EL PRESENTE EL REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA AUTORIZA A LA OBRA Y REALIZADOR DE LOS PROCEDIMIENTOS E INSPECCIONES DE DETALLE.

CIENTO

**DISEÑO DE JUNTA:**



**VARIABLES DE SOLDADURA**

	RAIZ	RELLENO	RELLENO	ACABADO
Variables	ROOT	FILL	FILL	CAP
Proceso	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
Calificación AWS	A5.1 E6010	A5.5 E7010-A-1	A5.5 E7010-A-1	A5.5 E7010-A-1
Marca comercial	CELLOCORD PT	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T
Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	5/32"	5/32"
Amperaje (A)	100-150	100-150	110-150	100-150
Voltaje (V)	25-35	24-33	24-33	24-33
Velocidad (cm/min)	30-35	30-40	30-40	30-40
Polaridad	(-)	(+)	(+)	(+)
Dirección	D	D	D	D

D: DESCENDENTE  
A: ASCENDENTE


Mónica Elena Jara Chávez  
CMI 19280007  
QC1 EXP 10/01/11

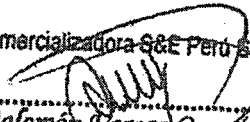
*[Signature]*  
GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO S.A.  
Ing. León Perinango Traverso  
Inspector de Redes Externas  
GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO S.A.  
17-02-11

<b>COMERCIALIZADORA</b> <b>S&amp;E</b> <b>PERÚ S.A.C</b>	<b>DISTRIBUCION GAS NATURAL EN ZONAS INDUSTRIALES DE LIMA Y CALLAO</b>		<b>S&amp;E/EPS-05</b>	
	<b>ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>		Edición	0
	<b>S&amp;E/EPS -05</b>		Fecha	10/01/11
			Hoja	3 de 3

### Requerimientos Complementarios

1. Limpieza de la junta
  - La superficie a soldar y áreas adyacentes, sobre una distancia de 1" a ambos lados de la junta deben estar libres de aceite, grasa, oxido y otros elementos contaminantes que puedan afectar la calidad de la soldadura.
  - La limpieza de la pasada de raíz debe ser esmerilado ligero y el resto de las pasadas (relleno y terminación) deben ser limpiadas completamente por el cepillo circular.
2. Protección contra las condiciones climáticas
  - En caso de fuertes vientos, arena en suspensión o humedad en el aire, utilizar lonas o cualquier otro elemento que asegure una protección eficaz durante la soldadura.
  - Cuando haya finalizado la soldadura o si por algún motivo se haya interrumpido, se deberá cubrir la junta con el fin de evitar el enfriamiento brusco (manta térmica o similar).
3. Otras consideraciones
  - El ciclo de soldadura no deberá ser interrumpido antes de haber finalizado por lo menos el pase en caliente.
  - La soldadura se deberá finalizar generalmente el mismo día.


 Edwin Antonio Jaime Jimenez  
 CMI 10050057  
 OC1 Exp. 5/17/2013

Comercializadora S&E Perú S.A.C.  
  
 Salomón Vargas González  
 CONTROL DE CALIDAD


 Callada GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO S.A.  
 Ing. León Perinango Traverso  
 Inspector de Redes Externas  
 GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO S.A.  
 17-02-11

**ESPECIFICACION DE LAS VARIABLES (API 1104-2010- Reaf.)**

VARIABLES DEL PROCESO	VALORES ACTUALES
• Proceso	<b>SMAW (raíz, relleno y acabado)</b>
• Material (Tuberías y accesorios)	<b>API 5L X 42</b>
• Diámetro Exterior	<b>355.6 mm (14")</b>
• Espesor de pared	<b>11.13 mm (0.438")</b>
• Diseño de la junta	<b>"V" ( A TOPE)</b>
• Metal de aporte (raíz)	<b>AWS-A5.1 E6010</b>
• Metal de aporte (relleno-acabado)	<b>AWS A5.5 E7010-A1</b>
• Numero de pases	<b>Multipasadas</b>
• Características eléctricas	<b>VER TABLA</b>
• Dirección de soldadura	<b>DESCENDENTE (Raíz) / DESCENDENTE (Resto de pasadas)</b>
• Posición de la junta	<b>6G, fija</b>
• Numero de soldadores	<b>2</b>
• Tiempo entre pasadas	<b>5 minutos máximos entre primera y segunda pasada, las demás antes de las 24 horas.</b>
• Limpieza y/o amolado	<b>Esmeril en el pase raíz y el resto de pases cepillo circular</b>
• Precalentamiento	<b>N.A.</b>
• Post-calentamiento	<b>N.A.</b>
• Soldador	<b>Cesar Sullon Medina (S-12) y Pedro Luna Alvarado (S-15)</b>
• Fecha de soldadura del cupón	<b>15/01/2011</b>

*Administración Zona Oeste*  
CMA 10000007  
001 EX-3

**Supervisor de Soldadura**

Comercializadora S&E PERU S.A.C.

**Salomón Vargas Gonzales**

CÓDIGO DE CALIDAD

**S&E QA/QC**

**Cátidda**  
GAS NATURAL DEL PERÚ  
REDES EXTERNAS

15/01/2011

APROBADO

APROBADO CON OBSERVACIONES  Reenviar  No R

NO APROBADO, CORREGIR Y PRESENTAR

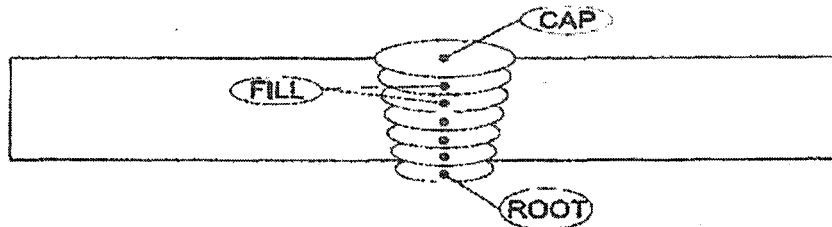
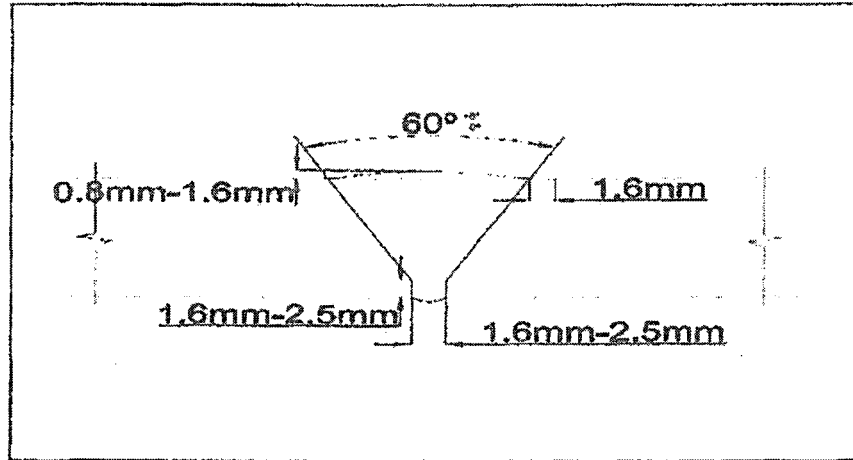
FECHA: **17-02-2011**

LA PRESENTACIÓN, APROBACIÓN DE, REALIZACIÓN, DOCUMENTACIÓN PRESENTADA AL CONCEJO CONTRATISTA DE SU RESPONSABILIDAD POR LA OBRA Y REALIZADO EN DETALLE.

**S&E PERU S.A.C.**

VENCIMIENTO

DISEÑO DE JUNTA: (verificar datos reales)



**Ensayos No Destructivos y Ensayos Destructivos Realizados:**

- 1.- Inspección Visual: **ACEPTADO** de acuerdo a API STÁNDAR 1104 Ed. 2010- Ver Registro adjunto: S&E/PCM02-02 con Fecha 15/01/2011
- 2.- Toma de Datos de Soldadura: **ACEPTADO**- Ver Registro Adjunto: F-CON-052\_V1 con Fecha 15/01/2011
- 3.- Ensayo Radiográfico: **ACEPTADO**- N° 001/WPQ-RT/11 - SPI GAMMA (ver registro adjunto)
- 4.- Ensayos de Tracción: **ACEPTADO**- ver informe Lb4- 257-2011 (del 17/02/2011)- UNI ver registro adjunto)
- 5.- Ensayos de Doblez de Cara: **ACEPTADO** - ver informe Lb4- 126-2011 (del 24/01/2011)- UNI ver registro adjunto
- 6.- Ensayos de Doblez de raíz: **ACEPTADO** - ver informe lb4- 127-2011 (del 24/01/2011) - UNI ver registro adjunto)
- 7.- Ensayos de Nick Break: **ACEPTADO** - ver informe Lb4 -129-2011 (del 24/01/2011) - UNI ver registro adjunto)
- 8.- Ensayo de Impacto: **ACEPTADO**- ver informe Lb4- 128-2011 (del 24/01/2011)- UNI ver registro adjunto)

 Supervisor de Soldadura	Comercializadora S&E Perú S.A.C.  Salomón Vargas González CONTROL DE CALIDAD S&E QA/QC	 Supervisión GNLG
-----------------------------	--	----------------------

Supervisión GNLG DE  
 Callao LIMA Y CALLAO S.A.  
 Ing. León Perinango Traverso  
 Inspector de Redes Externas  
 GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO S.A.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Mecánica N° 4

INFORME TECNICO  
Lb4-257-2011

## ENSAYO DE TRACCION EN PROBETAS DE ACERO

SOLICITANTE : **COMERCIALIZADORA S & E PERU S.A.C.**  
REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 097122  
FECHA : Lima, 17 de Febrero de 2011

### 1. ANTECEDENTES

Se recibió cuatro (04) probetas de acero, con la finalidad de realizarles ensayos de tracción.

### 2. DE LAS MUESTRAS

Se identificó según el cliente, como:

Probetas de acero, material API 5L 42  
Proceso de soldadura SMAW

### 3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Según Norma API 1104

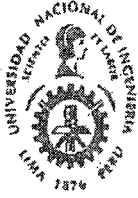
### 4. EQUIPOS UTILIZADOS

- Máquina Universal de Ensayos marca TOKIOKOKY SEI ZOSHO, capacidad 100 TON.
- Vernier digital, marca MITUTOYO, aproximación 0,01mm.

### 5. CONDICIONES DE ENSAYO

Medio Ambiente





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Mecánica N° 4

INFORME TECNICO

Lb4-126-2011

## ENSAYOS DE DOBLEZ EN PROBETAS DE ACERO

SOLICITANTE : COMERCIALIZADORA S & E PERU S.A.C.

REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 097058

FECHA : Lima, 24 de Enero de 2011

### 1. ANTECEDENTES

Se recibió cuatro (04) probetas de acero, con la finalidad de realizarles ensayo de doblez de cara.

### 2. DE LAS MUESTRAS

Se identificó según el cliente, como:  
Probetas de acero SMAW

### 3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Norma API 1104

### 4. EQUIPOS UTILIZADOS

Máquina Universal de Ensayos marca AMSLER, capacidad 5 TON.  
Vernier digital, marca MITUTOYO, aproximación 0,01 mm.

### 5. CONDICIONES DE ENSAYO

Medio ambiente

### 6. RESULTADOS

PROBETA	TIPO	OBSERVACION
1	CARA	No presenta fisuras
2	CARA	No presenta fisuras
3	CARA	No presenta fisuras
4	CARA	No presenta fisuras



ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA  
CIP. 74236

Jefe del Laboratorio de Mecánica

Av. Túpac Amaru 210 – Lima 25, Perú

☎ Telefax: 381-3833 / 481-1070 Anexo 255 / ✉ Email: [labmec4@uni.edu.pe](mailto:labmec4@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Mecánica N° 4

## INFORME TECNICO

Lb4-127-2011

### ENSAYOS DE DOBLEZ EN PROBETAS DE ACERO

SOLICITANTE : COMERCIALIZADORA S & E PERU S.A.C.

REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 097058

FECHA : Lima, 24 de Enero de 2011

#### 1. ANTECEDENTES

Se recibió cuatro (04) probetas de acero, con la finalidad de realizarles ensayo de doblez de raíz.

#### 2. DE LAS MUESTRAS

Se identificó según el cliente, como:  
Probetas de acero SMAW

#### 3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Norma API 1104

#### 4. EQUIPOS UTILIZADOS

Máquina Universal de Ensayos marca AMSLER, capacidad 5 TON.  
Vernier digital, marca MITUTOYO, aproximación 0,01 mm.

#### 5. CONDICIONES DE ENSAYO

Medio ambiente

#### 6. RESULTADOS

PROBETA	TIPO	OBSERVACION
1	RAIZ	No presenta fisuras
2	RAIZ	No presenta fisuras
3	RAIZ	No presenta fisuras
4	RAIZ	No presenta fisuras



*Sebastián Lazo Ochoa*  
ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA  
CIE. 74236  
Jefe del Laboratorio de Mecánica





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Mecánica N° 4

## INFORME TECNICO

Lb4-129-2011

### ENSAYOS DE NICK BREAK EN PROBETAS DE ACERO

SOLICITANTE : COMERCIALIZADORA S & E PERU S.A.C.

REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 097058

FECHA : Lima, 24 de Enero de 2011

#### 1. ANTECEDENTES

Se recibió cuatro (04) probetas de acero, con la finalidad de realizarles ensayos de Nick Break.

#### 2. DE LAS MUESTRAS

Se identificó según el cliente, como:  
Probetas de acero SMAW

#### 3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Norma API 1104

#### 4. EQUIPOS UTILIZADOS

Máquina Universal de Ensayos marca AMSLER, capacidad 5 TON.  
Vernier digital, marca MITUTOYO, aproximación 0,01 mm.

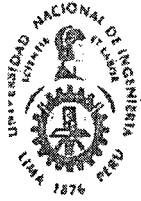
#### 5. CONDICIONES DE ENSAYO

Medio ambiente

#### 6. RESULTADOS

PROBETA	CALIFICACION
1	No se observa defecto alguno
2	No se observa defecto alguno
3	No se observa defecto alguno
4	No se observa defecto alguno

  
JEFATURA: SEBASTIAN LAZO OCHOA  
CIP. 74236  
Jefe del Laboratorio de Mecánica



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Mecánica N° 4

## INFORME TECNICO

Lb4-128-2011

### ENSAYO DE IMPACTO EN PROBETAS DE ACERO

SOLICITANTE : **COMERCIALIZADORA S & E PERU S.A.C.**

REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 097058

FECHA : Lima, 24 de Enero de 2011

1. ANTECEDENTES

Se recibió cuatro (04) probetas de acero con la finalidad de realizarles ensayo de impacto.

2. DE LAS PROBETAS

Se identificó según el cliente, como:

Probetas de acero SMAW

3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Norma API 1104

4. EQUIPOS UTILIZADOS

Máquina de ensayo Charpy, marca LEIPZIG, capacidad 30 Kg f – m

5. CONDICIONES DE ENSAYO

Temperatura 0 °C


6. RESULTADOS

PROBETA	ENERGIA ABSORVIDA (RESILENCIA)	
	(Kg x m)	(JOULES)
1	7,6	74,5
2	7,4	72,6
3	6,8	66,7
4	6,9	67,7
PROMEDIO	7,18	70,4



**JEFATURA** **ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA**  
CIP. 74236

Jefe del Laboratorio de Mecánica

	<b>DISTRIBUCION GAS NATURAL EN ZONAS INDUSTRIALES DE LIMA Y CALLAO</b>	<b>S&amp;E/EPS-03</b>	
	<b>ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE SOLDADURA</b>	Edición	0
	<b>S&amp;E/EPS -03</b>	Fecha	23/06/08
		Hoja	1 de 2

**ESPECIFICACION DE LAS VARIABLES (API 1104-05)**

**PQR - SOPORTE: S&E/PQR - 03**

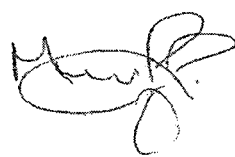

VARIABLES	DESCRIPCION
Proceso	SMAW (raíz, relleno y acabado)
Material (Tuberías y accesorios)	API 5L Gr. B
Diámetro	Desde 2,375 pulgadas hasta 12,750 pulgadas
Espesor de pared	Desde 0.188 in (4.8 mm) hasta 0.750 in (19.1 mm)
Diseño de la junta	"V"
Metal de aporte (raíz)	ER 6010
Metal de aporte (relleno-acabado)	E 7010 - A1
Numero de pases	Multipasadas
Características eléctricas	VER TABLA
Dirección de soldadura	ASCENDENTE (Raíz) / DESCENDENTE (Relleno Acabado)
Posición de la junta	6G, fija
Numero de soldadores	1
Tiempo entre pasadas	5 minutos
Detección del defecto	Placa Radiográfica - Rx
Remoción del defecto	Disco Abrasivo y Hoja de Sierra
Tipo de defecto a reparar	Falta de penetración.
Limpieza y/o amolado	Disco abrasivo y/o Cepillo Circular
Pre calentamiento	60° C
Post-calentamiento	N. A.



APROBADO  
 APROBADO CON OBSERVACIONES  Reenviar  No

NO APROBADO, CORREGIR Y PRESENTAR  
 RECHAZADO

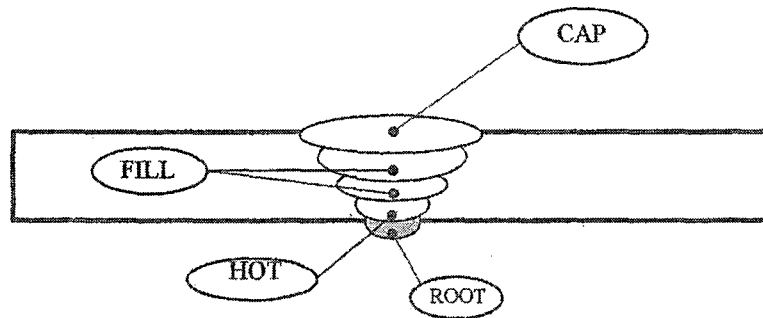
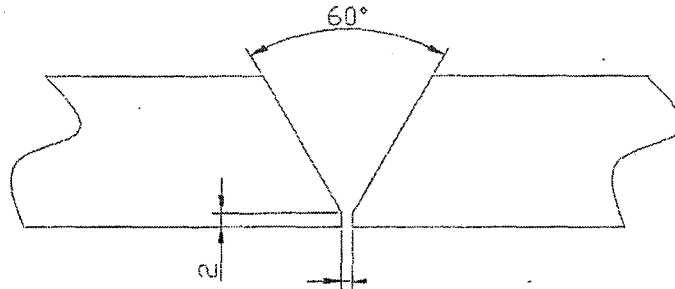
FIRMA: *[Signature]* FECHA: 07-07-08

 Supervisor de Soldadura	 S&E QA/QC	Supervisión GNLC
--	--	------------------



COMERCIALIZADORA <b>S&amp;E</b> PERÚ S.A.C	<b>DISTRIBUCION GAS NATURAL EN ZONAS INDUSTRIALES DE LIMA Y CALLAO</b>		<b>S&amp;E/EPS-03</b>	
			Edición	0
	<b>ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN DE SOLDADURA</b>		Fecha	23/06/08
	<b>S&amp;E/EPS -03</b>		Hoja	2 de 2

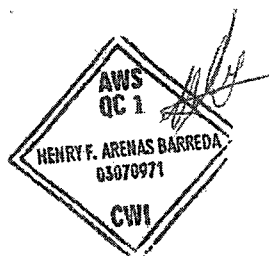
**DISEÑO DE JUNTA:**



**VARIABLES DE SOLDADURA**

	RAIZ	RELLENO	RELLENO	RELLENO	RELLENO	RELLENO
Variabes	1	2	3	4	5...(n-1)	n
Proceso	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
Calificación AWS	ER 6010	E 7010 -A1	E 7010 - A1	E 7010 - A1	E 7010 - A1	E 7010 - A1
Marca comercial	CELLOCORD PT	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T	CELLOCOR D 70T	CELLOCOR D 70T
Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	5/32"	5/32"	5/32"	5/32"
Amperaje (A)	75-95	140-170	120-145	100-135	100-135	100-135
Voltaje (V)	27-33	27-33	27-33	27-33	27-33	27-33
Velocidad (cm/min)	3-4	10-11	6-8	6-8	6-8	6-8
Polaridad	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Dirección	A	D	D	D	D	D

D: DESCENDENTE  
A: ASCENDENTE



COMERCIALIZADORA <b>S&amp;E</b> PERÚ S.A.C	DISTRIBUCION GAS NATURAL EN ZONAS INDUSTRIALES DE LIMA Y CALLAO	<b>S&amp;E/PQR-03</b> Edición 0
	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE SOLDADURA	Fecha 23/06/08
	<b>S&amp;E/PQR -03</b>	Hoja 1 de 2

ESPECIFICACION DE LAS VARIABLES (API 1104-05)	
VARIABLES DEL PROCESO	VALORES ACTUALES
• Proceso	<b>SMAW (raíz, relleno y acabado)</b>
• Material (Tuberías y accesorios)	<b>API 5L Gr. B</b>
• Diámetro Exterior	<b>114.3 mm.</b>
• Espesor de pared	<b>6.00 mm.</b>
• Diseño de la junta	<b>"V"</b>
• Metal de aporte (raíz)	<b>E 6010</b>
• Metal de aporte (relleno-acabado)	<b>E 7010 - A1</b>
• Numero de pases	<b>Multipasadas</b>
• Características eléctricas	<b>VER TABLA</b>
• Dirección de soldadura	<b>ASCENDENTE (Raíz) / DESCENDENTE (Caliente, Relleno y Acabado)</b>
• Posición de la junta	<b>6G, fija</b>
• Numero de soldadores	<b>1</b>
• Tiempo entre pasadas	<b>5 minutos</b>
• Gas protector	<b>----</b>
• Caudal	<b>----</b>
• Tipo de presentador	<b>----</b>
• Retiro de presentador	<b>----</b>
• Limpieza y/o amolado	<b>Disco abrasivo y/o Cepillo Circular</b>
• Precalentamiento	<b>60 °C</b>
• Post-calentamiento	<b>N.A.</b>
• Soldador	<b>Jesus Flores Vidal</b>
• Fecha de soldadura del cupón	<b>04/07/2008</b>

Inspección Visual: **ACEPTABLE** de acuerdo a API STÁNDAR 1104 Ed. 2005

**ENSAYOS MECANICOS REQUERIDOS:**

- Ensayo Radiográfico: **Reporte N° 001/S&E-RT/08 del 23 de Junio del 2008 / RECHAZADO / SPI GAMMA SAC (código: S&E/PR-01)**
- Ensayo Radiográfico: **Reporte N° 002/S&E-RT/08 del 27 de Junio del 2008 / ACEPTADO / SPI GAMMA SAC (Código: S&E/PR-01R)**
- Ensayos de Tracción: **Informe Técnico Lb4-633-2008 del 04 de Julio del 2008 / Aceptado / UNI - Base de Ing. Mecánica**

NO APROBADO, CORREGIR Y PRESENTAR

RECHAZADO

FIRMA  
S.V. 6

FECHA 04.07.08

LA PRESENTE DOCUMENTACIÓN PRESENTADA AL CONCESSIONARIO Y NO EXIME AL CONTRATISTA DE SU RESPONSABILIDAD COMO CONSTRUCTOR DE LA OBRA Y REALIZADOR DE LOS PROCEDIMIENTOS E INGENIERIA DE DETALLE.

VENCIMIENTO



Supervisor de Soldadura

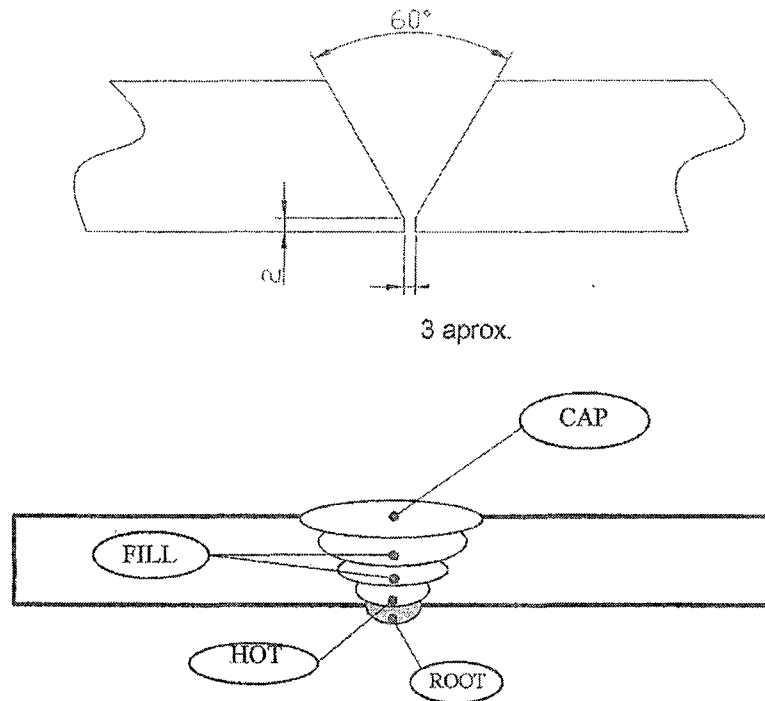
S&E QA/QC

Supervisión GNL/C



COMERCIALIZADORA <b>S&amp;E</b> PERÚ S.A.C	DISTRIBUCION GAS NATURAL EN ZONAS INDUSTRIALES DE LIMA Y CALLAO				S&E/PQR-03	
	REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE REPARACION DE SOLDADURA				Edición	0
	S&E/PQR-03				Fecha	23/06/08
	S&E/PQR-03				Hoja	2 de 2

DISEÑO DE JUNTA:



VARIABLES

E= 11.1 (TUBO)	RAIZ	RELLENO	RELLENO	RELLENO	RELLENO	ACABADO
VARIABLES	1	2	3	4	5	6
Proceso	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
Calificación AWS	E6010	E7010-A1	E7010A1	E7010A1	E7010A1	E7010A1
Marca comercial	CELLOCORD PT	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T	CELLOCORD 70T
Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	5/32"	5/32"	5/32"	5/32"
Amperaje (A)	75-95	140-170	120-145	100-135	100-135	100-135
Voltaje (V)	27-33	27-33	27-33	27-33	27-33	27-33
Velocidad (cm/min)	3-4	10-11	6-8	6-8	6-8	6-8
Polaridad CC(+/-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Dirección	A	D	D	D	D	D

D: DESCENDENTE  
 A: ASCENDENTE





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**  
**LABORATORIO DE MECANICA - LAB N° 4**  
 LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA, ENSAYOS MECANICOS Y METROLOGIA

INFORME TECNICO  
 Lb4-633-2008

**ENSAYOS MECANICOS EN PROBETAS SOLDADAS**

SOLICITANTE : **COMERCIALIZADORA S & E PERU S.A.C.**  
 REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 095068  
 FECHA : Lima, 04 de Julio de 2008

1. ANTECEDENTES

Se recibió dos (02) probetas soldadas con la finalidad de realizarles ensayos de tracción.

2. DE LAS MUESTRAS

Se identificó según el cliente, como:  
 Probetas soldadas API 5L Grado B  
 (Tubería Ø 4", para procedimiento de reparación, PROCESO SMAW)

3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

ESTÁNDAR API 1104

4. EQUIPOS UTILIZADOS

Máquina Universal de Ensayos marca TOKYOKOKI SEI ZOSHO, Capacidad 100 TON.  
 Vernier digital, marca MITUTOYO, aproximación 0,01 mm.

5. CONDICIONES DE ENSAYO

Medio ambiente


6. RESULTADOS

PROBETA	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	FUERZA MAXIMA (Kg)	ESFUERZO MAXIMO Kg/mm <sup>2</sup> (Mpa)	OBSERVACION
1	6,20	25,9	8 660	53,93 (528,51)	Rompió en el material base
2	5,90	25,6	8 000	52,97 (519,07)	Rompió en el material base



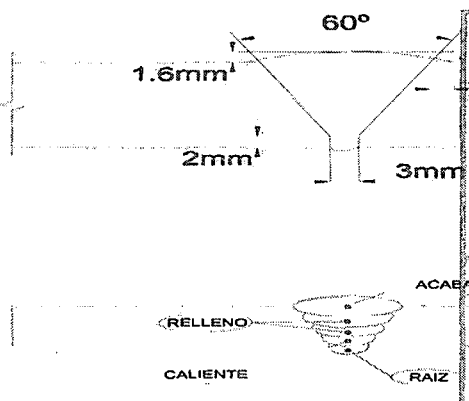
*Wilson J. Silva Vasquez*

**ING. WILSON J. SILVA VASQUEZ**  
 CIP. 41941  
 Jefe del Laboratorio N° 4

	Calificación de Soldador según Norma API 1104		REV.	1	
	W/PQ		FECHA	17/07/2013	
			HOJA	1 DE 1	

**ESPECIFICACION DE LAS VARIABLES (API 1104-2010)**

Empresa : COMERCIALIZADORA S&E PERU SAC		
Nombre del Soldador : CARLOS CHUMAN FALLA		
WPS : SBE/EPS-03	Estampa: S-06	DNI: 17446298
PQR N°: S&E/PQR-03	Probeta N : Probata 32-2013	Fecha: 17/07/2013
<b>Variables de Soldadura</b>	<b>Valor Usado en la Calificación</b>	<b>Rango Calificado</b>
Proceso de Soldadura	SMAW	SMAW
Electrodo (simple o múltiple)	Simple	Simple
Polaridad de Raíz DC(+/-)	DC (-)	DC (-)
Polaridad de otros pases DC(+/-)	DC (+)	DC (+)
Posición:	6G	6G
Dirección de Soldadura(ASC/DESC):		
Pase de Raíz	Ascendente	Ascendente
Pases de caliente, relleno y acabado	Descendente	Descendente
Material Base	API 5L X42	-
Díametro exterior	6 5/8"	Mayor o igual a 2.375" y Menor o igual a 12.75"
Diseño de Junta :	"V"	"V"
Bisel	60°	60°
Espesor	7.10mm	4.8mm (0.188") - 19.1mm (0.75")
Material de Aporte:	E6010 (raíz) / E7010-A1 (otros pases)	E6010 (raíz) / E7010-A1 (otros pases)
Especificación AWS:	A5.1 / A5.5	A5.1 / A5.5
Grupo N°:	Grupo N°1	Grupo N°1
Tipo gas / Fuente:	-	-
Otros:	-	-




**Cálidda**  
GAS NATURAL DEL PERÚ  
**REDES EXTERNAS**

APROBADO

APROBADO CON OBSERVACIONES  Reenviar  No R

NO APROBADO, CORREGIR Y PRESENTAR

RECHAZADO

FIRMA:  FECHA: 20/07/13

LA PRESENTE APROBACION SE REALIZA SOBRE LA BASE DE LA DOCUMENTACION PRESENTADA AL CONCESIONARIO Y NO EXIME AL CONTRATISTA DE SU RESPONSABILIDAD COMO CONSTRUCTOR DE LA OBRA Y REALIZADOR DE LOS PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE

**RESULTADO DE INSPECCION VISUAL DETALLE.**

Aprobado (X)  No Aprobado (U)

Inspeccionado por: Lino Mautino Boca

Fecha: 17/07/2013

N° de Reporte: F-COO-051 V5

**RESULTADO DE ENSAYOS MECANICOS**

Tipo	N° Probeta	Resultado	Fecha	N° de Certificado

**RESULTADO DE PRUEBA DE FILETE**

Apariencia: \_\_\_\_\_ Dimensión de Filete: \_\_\_\_\_

Prueba Fractura Penetración de Raíz: \_\_\_\_\_ Macro ataque: \_\_\_\_\_

Inspeccionado por: \_\_\_\_\_ Número de ensayo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**RESULTADO DE PRUEBA RADIOGRAFICA**

Interpretado por: Ing. Carlos A. Elias Avila

Informe radiográfico N°: 029/WPQ-RT/13

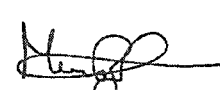

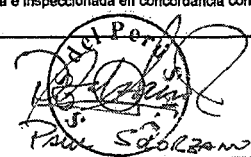
Organización: S.P.I. GAMMA SAC

Fecha: 17/07/2013

**DATOS DE SOLDADURA**

Pase (S)	Proceso	Metal de Aporte		Corriente	Amperaje	Voltaje	Vel. Avance (CPM)
		Clase	Díametro(mm)				
1	SMAW	E6010	3.25	DC (-)	76-80	26-27	9
2	SMAW	E7010-A1	4.00	DC (+)	120-132	28-32	23
3	SMAW	E7010-A1	4.00	DC (+)	121-134	28-32	23
4	SMAW	E7010-A1	4.00	DC (+)	122-131	28-32	23
5	SMAW	E7010-A1	4.00	DC (+)	99-101	32-34	15

**OBSERVACIONES:** La Empresa Comercializadora S&E Peru SAC deja constancia de que la probeta de calificación fue preparada, soldada e inspeccionada en concordancia con los requerimientos del código API 1104 Reaf. 2010.

 <b>REPRESENTANTE TECNICO DE LA CONTRATISTA</b>	 <b>INSPECTOR DE SOLDADURA</b> Lino Mautino B.	 <b>SUPERVISION CALIDDA</b>
---	---	---

**ROSA MERCEDES PEZO ALTMIRANO**  
RESIDENTE DE OBRA  
Reg. CIP. N° 121176

047766



**S.P.I. GAMMA SAC.**



TELEFONO: 420-9844 / 423\*7578

comercial@spigamma.com; spigammasac@hotmail.com

# ENSAYO RADIOGRÁFICO

Reporte N° : 028 / WPQ - RT / 13  
Pag. : 01/01  
Fecha : 16/07/2013

CLIENTE : COMERCIALIZADORA S&E PERU SAC

PROYECTO : CALIFICACION DE SOLDADOR

### DATOS DEL EQUIPO Y COMPONENTE INSPECCIONADO

CODIGO : Probeta 32-2013	DIAMETRO EXT : 6 5/8"	PROCESO : SMAW
ELEMENTO : Tubería	ESPESOR : 7.10 mm	SOBRE ESPESOR : 1.6 mm.
SOLDADOR : Carlos Chuman Falla (S-06)	MATERIAL : API 5L X42	INSPECCIÓN : 100%

### DATOS DEL ENSAYO

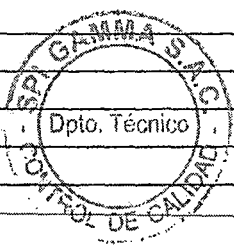
FUENTE : Ir-192	INTENSIDAD : ----- Ma	PENETRAMETRO (IQI) : ASTM 1-B
DIMENSIÓN F. : 0.136"	TENSIÓN : ----- Kv	FILM : KODAK MX-125
ACTIVIDAD : 53.5 Ci.	PANTALLAS : 0,005"y 0,010"	DISTANCIA FUENTE FILM : 170 mm

POSICIÓN DE LA FUENTE: EXTERIOR:  INTERIOR:  CENTRADA:  DESCENTRADA:

TÉCNICAS: Simple pared /s. imagen:  Doble pared / s. imagen:  Doble pared / d. imagen:

METODO DE INSPECCION : API 1104 REAF. 2010 CÓDIGO DE EVAL.: API 1104 - REAF. 2010 TIEMPO DE EXPOS: 0'33"

COD. FILMS	Tipo y Ubicación de Discontinuidades (cm.)	ACEPTADA	REPARAR	Observaciones
Placa 1		✓	-	
Placa 2	IP (4 - 15)	-	X	
Placa 3		✓	-	



Total de Films : 03/03

### DESCRIPCIÓN DE DISCONTINUIDADES

- |                                       |                                   |  |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| IP : Falta de Penetración             | BT : Quemón                       | AD : Acumulación de Discontinuidades   |
| IPD : Falta de Penetración "High low" | IFD : Falta de Fusión entre Pases | VP : Porosidad Vermicular              |
| IF : Falta de Fusión                  | TI : Inclusión de Tungsteno       | CL : Fisura Longitudinal               |
| IC : Concavidades interiores          | GP : Porosidad Aislada            | CT : Fisura Transversal                |
| EC : Concavidad Externa               | AP : Porosidad Alineada           | CC : Fisura en Cráter                  |
| ESI : Inclusiones Alargadas           | CP : Porosidad Anidada            | IU : Mordedura / Socavación en la Raíz |
| ISI : Inclusiones Aisladas            | WP : Porosidad Tubular            | EU : Superficie Imperfecta             |
| EP : Penetración Excesiva             |                                   |  |

<b>Aprobado por:</b> Ing. Gorki Mayhuasca C. <b>Nivel :</b> II SNT- TC-1A RT <b>Fecha :</b> 16/07/2013 <b>Firma :</b>	<b>Autorizado Por :</b> <b>Fecha :</b> <b>Firma:</b> <small>COMERCIALIZADORA S&amp;E PERU SAC</small> <small>Carlos Chuman Falla</small> <small>CONTROL DE CALIDAD</small>	<b>Supervisado Por :</b> <b>Fecha :</b> <b>Firma :</b>
--	---	--



2013-010561

COMERCIALIZADORA  
**S&E**  
PERÚ S.A.C

**ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**  
ASME SEC. IX (Ed. 2010)

PROYECTO: DISTRIBUCION DE LINEA DE GAS NATURAL

WPS N° : 09

Fecha de Elaboracion:  
22/02/2013

Rev.  
0

Pag.  
01 de 02

Preparado por:  
Salomon Vargas

CUBIERTO POR REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO N°: PQR N°-09

Proceso(s) de soldadura : **GTAW / SMAW**

Tipo(s) : **Manual**

**JUNTA (QW-402)**

Diseño de junta : A TOPE Y FILETE

Backing (si)  (no)

Backing Material (Tipo) N/A

(Referirse a ambos el respaldo y los Retenedores)

- No fusion de metal  Metal  
 No Metalico  Otros

**VER PLANOS DE CONSTRUCCIÓN  
PARA LAS JUNTAS DE DISEÑO ACTUALES**

**METAL BASE (QW-403)**

P-No. 1 Grupo No. TODAS

Especificacion tipo y grado  
a especificacion tipo y grado

Analisis quimico y propiedades mecanicas.  
a analisis quimico y propiedades mecanicas.

**Rangos :**

Metal Base (Espesor) : A tope : 1.5 mm(0.059")

Diametro tubo : A tope : 278"

Otros

**Cálidda**  
CONCESIONARIO DEL OBRERO

**PROCESOS EXTERNAS**

APROBADO 1 Grupo No. TODAS

APROBADO CON MODIFICACIONES  Reenviar  No R

NO APROBADO: CORREGIR Y PRESENTAR

DECHAZADO

FIRMA [Signature] FECHA 11.04.13

LA PRESENTE APROBACION SE REALIZA SOBRE LA BASE DE LA DOCUMENTACION PRESENTADA AL CONCESSIONARIO Y NO EXIME AL CONTRATISTA DE SU RESPONSABILIDAD COMO CONSTRUCTOR DE LA LINEA DE GAS NATURAL DE LOS PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE METALURGIA DEL HIERRO.

DETALLE Limitado Filete : Todas

VENCIMIENTO

**METAL DE APORTE (QW-404)**

Spec. No. (SFA)

**GTAW**

**SMAW**

AWS No. (Clase)

**A 5.18**

**A 5.1**

F-No.

**ER 70S-6**

**E 7018**

A-No.

**6**

**4**

Diametro del metal de aporte

**1**

**1**

Metal de soldadura

**2.38mm(3/32")**

**3.2mm(1/8")**

Rango de espesor

Canal

**4 mm(0.157")**

**8 mm(0.315")**

Filete

**Todas**

**Todas**

Electrode-Flux (Clase)

Nombre comercial del Flux

Inserto consumible

**N/A**

**N/A**

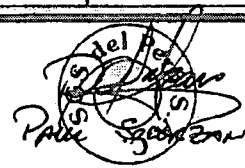
Otros

[Signature]  
ROSA MERCEDES  
PEZO ALTAMIRANO  
RESIDENTE DE OBRA  
Reg. CIP N° 121175  
REPRESENTANTE S&E



[Signature]  
Echeverri Roberto Jose Chaves  
CWI / 18200851  
QC/EXR 5/1/2013

**INSPECTOR DE SOLDADURA**



**SUPERVISION DE CALIDDA**

COMERCIALIZADORA

**S&E**

PERÚ S.A.C

**ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

ASME SECC. IX (Ed. 2010)

PROYECTO: DISTRIBUCION DE LINEA DE GAS NATURAL

WPS N° : 09

Fecha de Elaboracion

Rev.

Pag.

Preparado por:

22/02/2013

0

02 de 02

Salomon Vargas

CUBIERTO POR REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO N°: PQR - 09

<b>POSICION (QW-405)</b>		<b>TRATAMIENTO TERMICO-Post. a la soldadura (QW-407)</b>		
Posición(s) A tope	Todas	Temperatura (Rango):	N/A	
Progresión de soldadura:	Asc. <input checked="" type="checkbox"/> Desc. <input type="checkbox"/>	Tiempo ( Range ) :	N/A	
Posición(s) Filete	Todas			
<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b>		<b>GAS (QW-408)</b>		
Temp. de Prealent. Min.:	10°C (ambiente)	Composición %		
Temp.entre pases Max.:	200° C	Gas(s)	(Mezcla)	Caudal (Lt/min)
Mantenimiento de Prealent. :	N/A	ARGON	99.99%	8 - 12
		Trailing	N/A	N/A
		Backing	N/A	N/A

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)**

Corriente AC or DC DC Polaridad VER TABLA 1

Amps (Rango) VER TABLA-1 Volts (Rango) VER TABLA-1

(El rango de amp. and volt. Deberían ser registrados para cada día. De electrodo, posición, y espesor, etc.)

Electrodo de Tungsteno (Diámetro y Tipo) EW-Th 2% - Ø 2.4 mm

Modo de transferencia del metal para GMAW : N/A

Velocidad de alimentación (rango) : N/A

**TECNICA (QW-410)**

Cordoneo ancho o angosto : Angosto (Primer pase) y Ancho el resto de pases

Tamaño de boquilla/Distancia (GTAW) : N° 8 (10mm)-N° 8 (12.5mm) / 6mm a 12.5 mm

Limpieza inicial (escobillado, esmerilado etc): ESCOBILLADO Y ESMERIL

Limpieza entre pases (escobillado, esmerilado, etc): ESCOBILLADO


Pase simple o multiple (por lado): MULTIPLE


Electrodo simple o multiple : MULTIPLE

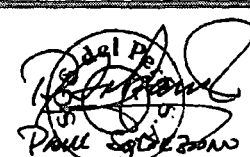
Velocidad de Avance (Rango): VER TABLA 1

**TABLA-1**

Pase(s)	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Volt Rango	Velocidad Avance Rango	Otros ( Observaciones, Comentarios, tecnicas Adicion, angulo de la antorcha, etc)
		Clase	Dia.	Polar. Tipo	Amp. Rango			
1°	GTAW	ER-70S-6	3/32"	DC(-)	100-115	11-14	7-9	---
2°	SMAW	E-7018	1/8"	DC(+)	80-105	22-30	8-10	---
RESTO	SMAW	E-7018	1/8"	DC(+)	75-105	20-25	8-10	---

  
**ROSA MERCEDES PEZO ALTAMIRANO**  
 RESIDENTE DE OBRA  
 REPRESENTANTE S&E

  
 Echevarría Jaime José Chavez  
 CWI 10050651  
 QC1 EXP 5/1/2013  
**INSPECTOR DE SOLDADURA**

  
**SUPERVISION DE CALIDDA**



R2012 010561

<b>COMERCIALIZADORA</b>  <b>PERÚ S.A.C</b>	<b>REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)</b>						
	PROYECTO :DISTRIBUCION DE LINEA DE GAS NATURAL						
	PQR Nº 09						
	FABRICANTE : COMERCIALIZADORA S & E Perú S.A.C.						
PQR Nº : 09			FECHA: 11/04/13		REV. 0	Pag. 02/02	
<b>Prueba de Tension (QW-150)</b>							
Especimen No.	Ancho	Espesor	Area	Carga Maxima	Esfuerzo de Rotura	Tipo de Falla y Ubicacion	
MUESTRA 1	19.00 mm	6.00 mm	114.00 mm <sup>2</sup>	5,200 kg	447.0 MPa	METAL BASE	
MUESTRA 2	19.05 mm	5.80 mm	110.49 mm <sup>2</sup>	5,480 kg	486.1 MPa	METAL BASE	
Desarrollo de pruebas de tension: Universidad Nacional de Ingeniería UNI Laboratorio de Mecánica N°4 / Informe Técnico Lb4-0485-2013							
<b>Prueba de Doblado Guiado (QW-160)</b>							
Especimen N° / Tipo				Resultado			
MUESTRA 3 ( doblado de cara )				APROBADO			
MUESTRA 4 ( doblado de cara )				APROBADO			
MUESTRA 5 ( doblado de raiz )				APROBADO			
MUESTRA 6 ( doblado de raiz )				APROBADO			
Desarrollo de pruebas de tension: Universidad Nacional de Ingeniería UNI Laboratorio de Mecánica N°4 / Informe Técnico Lb4-0485-2013							
<b>Pruebas de Tenacidad (QW-170)</b>							
Specimen No.	Ubicacion del Entalle	Tamaño Especimen	Temperatura de Prueba	Valores de Impacto			Drop Weight Break (Y/N)
_____	_____	_____	_____	Ft - Lbs.	%Cizalladura	Mits	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Comentarios _____							
<b>Filete-Pruebas de Soldadura (QW-180)</b>							
Result - Satisfactorio	SI _____ No _____	Penetracion en metal base:		SI _____ No _____			
Macro - Resultados	_____						
<b>Otras Pruebas</b>							
Tipo de Prueba	<b>INSPECCION VISUAL</b>						
Resultados de la Prueba:	<b>APROBADO</b>			Report N° :	F-COO-051_V5		
Comentarios _____							
Nombre de Soldador	<u>Pedro Luna Alvarado</u>		No. Reloj	_____		Estampa No. <b>S-15</b>	
Prueba Interpretada por:	<u>Ing. Lino Mautino Boca</u>			Fecha de Prueba:	<u>02/04/2013</u>		
Tipo de Prueba	<b>RADIOGRAFIA</b>						
Resultados de la Prueba:	<b>APROBADO</b>			Report N° :	002/RT-PQR/13		
Comentarios _____							
Prueba interpretada por:	<u>Ing. Carlos A. Elias Avila</u>			Fecha de Prueba:	<u>02/04/2013</u>		
Certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras de prueba fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo con los requerimientos de la Seccion IX del Código ASME Edicion 2010							
 <b>ROSA MERCEDES BEZO ALTAMIRANO</b> REPRESENTANTE SAE Reg. CIP. N° 121175	 <b>Echevarria Jaime Jose Chavez</b> CWI 10030851 QC1 EXP 5/1/2013 <b>INSPECTOR DE SOLDADURA</b>	 <b>PUL SOLARI BANO</b> <b>SUPERVISION DE CALIDDA</b>					



**INFORME TECNICO**  
Lb4-0465-2013

**ENSAYOS MECANICOS EN PROBETAS SOLDADAS  
DE TUBO DE ACERO**

**SOLICITANTE : COMERCIALIZADORA S & E PERU S. A. C.**  
**REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 099397**  
**FECHA : Lima, 11 de Abril de 2013**

1.	ANTECEDENTES	Se recibió seis (06) probetas soldadas de tubo de acero, con la finalidad de realizar los siguientes ensayos: <ul style="list-style-type: none"><li>• Dos (02) probeta para ensayo de tracción</li><li>• Dos (02) probeta para dobléz de cara</li><li>• Dos (02) probeta para dobléz de raíz</li></ul>
2.	DE LA MUESTRA	Se identificó según el cliente, como: Seis (06) probetas soldadas de tubo de acero de 4" de Ø Material : API 5L X42 Proceso : GTAW/SMAW Posición : 6G Soldador: Pedro Luna Alvarado Estampa: S-15
3.	EQUIPOS UTILIZADOS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Máquina Universal de Ensayos mecánicos, marca TOKYOKOKI SEIZOSHO, capacidad 100 Ton.</li><li>• Vernier digital, marca MITUTOYO, aproximación 0,01 mm.</li></ul>
4.	CONDICIONES DE ENSAYO	Medio Ambiente T. : 26 °C H.R. : 60 %
5.	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	Norma ASME Sección IX - 2010





Lb4-0465-2013

**RESULTADOS**

**6.1 Ensayo de Tracción**

PROBETA	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	FUERZA MAXIMA (Kg)	ESFUERZO MAXIMO Kg/mm <sup>2</sup> (Mpa)	OBSERVACION
1	6,00	19,00	5 200	45,6 (447,0)	Rompió en material base
2	5,80	19,05	5 480	49,6 (486,1)	Rompió en material base

6.

**6.2 Ensayo de DobleZ**

PROBETA	TIPO	CALIFICACION
3	CARA	No se observa defecto alguno
4	CARA	No se observa defecto alguno
5	RAIZ	No se observa defecto alguno
6	RAIZ	No se observa defecto alguno

\* Código de autenticación : NCMGIJT CEWXW EAQT TUTT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
LABORATORIO DE MECANICA  
JEFATURA  
**ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA**  
CIP. 74236  
Jefe del Laboratorio de Mecánica





Lb4-0465-2013

**RESULTADOS**

**6.1 Ensayo de Tracción**

PROBETA	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	FUERZA MAXIMA (Kg)	ESFUERZO MAXIMO Kg/mm <sup>2</sup> (Mpa)	OBSERVACION
1	6,00	19,00	5 200	45,6 (447,0)	Rompió en material base
2	5,80	19,05	5 480	49,6 (486,1)	Rompió en material base

6.

**6.2 Ensayo de Doblez**

PROBETA	TIPO	CALIFICACION
3	CARA	No se observa defecto alguno
4	CARA	No se observa defecto alguno
5	RAIZ	No se observa defecto alguno
6	RAIZ	No se observa defecto alguno

\* Código de autenticación : NCMGIJT CEWXW EAQT TUTT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
LABORATORIO DE MECANICA  
JEFATURA  
**ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA**  
CIP. 74236  
Jefe del Laboratorio de Mecánica

S.P.I. GAMMA SAC.



TELEFONO: 420-8844 / 423\*7576  
comercial@epigamma.com; spigammamac@hotmail.com

# ENSAYO RADIOGRÁFICO

Reporte N° : 002 / RT-PQR / 13  
Pag. : 01/01  
Fecha : 02/04/2013

CLIENTE : COMERCIALIZADORA S&E PERU SAC  
PROYECTO : CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO.

### DATOS DEL EQUIPO Y COMPONENTE INSPECCIONADO

CODIGO : Probeta 13-2013      DIAMETRO EXT : 4 1/2"      PROCESO : GTAW/SAW  
ELEMENTO : Tubería      ESPESOR : 6.02 mm      SOBRE ESPESOR : 1.6 mm.  
SOLDADOR : Pedro Luna Alvarado (S-15)      MATERIAL : API 5L X 42      INSPECCIÓN : 100%

### DATOS DEL ENSAYO

FUENTE : Ir-192      INTENSIDAD : ..... Ma      PENETRIMETRO (IQI) : ASTM 1-B  
DIMENSIÓN F. : 0.153"      TENSION : ..... Kv      FILM : KODAK MX-125  
ACTIVIDAD : 7.68 Ci.      PANTALLAS : 0,005" y 0,010"      DISTANCIA FUENTE FILM : 120 mm

POSICIÓN DE LA FUENTE: EXTERIOR:       INTERIOR:       CENTRADA:       DESCENTRADA:

TÉCNICAS: Simple pared / s. imagen :       Doble pared / s. Imagen:       Doble pared / d. Imagen:

METODO DE INSPECCION : ASME SECCION V-Ed. 2010      CÓDIGO DE EVAL.: ASME - SECCION IX .Ed 2010      TIEMPO DE EXPOS: 01'37"

COD. FILMS	Tipo y Ubicación de Discontinuidades (cm.)	ACEPTADA	REPARAR	Observaciones
Placa 1		✓	-	
Placa 2	Aa	✓	-	
Placa 3	Aa	✓	-	
Placa 4	Aa	✓	-	

Total de Films : 04/04



### DESCRIPCION DE DISCONTINUIDADES

Aa: Porosidad	Bb: Inclusiones alineadas	D : Falta de Penetración
Ab: Porosidad tubular	Bc: Inclusiones alternadas	Ea: Fisuras Longitudinales
Ba: Inclusiones de Orientación y forma variadas	C: Falta de Fusión	Eb: Fisuras Transversales
Q: Quemón	CI: Concavidad	F : Socavaciones

Aprobado por: Ing. CARLOS ELIAS A. Nivel : II SNT- TC-1A RT  
Fecha : 02/04/2013  
Firma :

Autorizado Por :   
Fecha : .....  
Firma :

Supervisado Por :   
Fecha : .....  
Firma :

	<b>FORMATO DE CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES ASME SECCION IX (QW-301)</b>	Página:	1 de 1
		Fecha:	12/04/2013
		Rev.:	0

Nombre del soldador Carlos Chuman Falla DNI N° 17446296 Estampa N° S-06

**Descripción de la Prueba**

Identificación de WPS desarrollado: EPS-09 Cupón de Ensayo: X Probeta N°: Probeta 24-2013  
Especificación de Metal Base: API 5L X 42 Espesor: 6.00mm

**Condiciones de Ensayo y Limites de Calificación**

Variables de Soldadura	Valores Actuales	Rangos Calificados		
Proceso de soldadura	GTAW / SMAW	GTAW / SMAW		
Tipo usado (manual, semi - automático)	Manual	Manual		
Respaldo (metal, metal soldado ambos lados etc.)	Sin respaldo	Con y sin respaldo		
( ) Plancha ( X ) Tubería (ingresar diámetro si es tubería)	Ø4 1/2"	Ø2 7/8" a ilimitado		
Metal Base (Numero P ó S a Número P ó S)	P N° 1	P N° 1		
Especificación (es) de metal de aporte o electrodo (SFA) (solo información)	5.18 / 5.1	5.18 / 5.1		
Clasificación (es) de metal de aporte o electrodo (solo información)	ER 70 S-6 / E 7018	ER 70 S-6 / E 7018		
Metal de aporte número(s) F	F6 sin respaldo / F4 con respaldo	Todo F6 / F1, F2, F3 y F4 (con respaldo)		
Inserto consumible (GTAW o PAW)	---	---		
Tipo de aporte (sólido/metal o fundente en el núcleo/polvo) (GTAW ó PAW)	---	---		
Espesor de depósito para cada proceso de soldadura	F6 2.0mm / F4 4.0mm	F6 4.0mm / F4 8.0mm		
Posición Calificada	6G	Planchas y Tuberías >610mm D.E.	Tuberías <=610mm D.E.	Filete
		Todas	Todas	Todas
Progresión Vertical (Ascendente / Descendente)	Ascendente	Ascendente		
Tipo de gas combustibles (OFW)	---	---		
Gas inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMAW)	Argón 99.99%	Argón 99.99%		
Modo de transferencia (spray/globular o pulsado a corto circuito-GMAW)	---	---		
Tipo/Polaridad de corriente	DC(-) GTAW DC(+) SMAW	REDES DC(-) GTAW DC(+) SMAW		

Resultado de Examen Visual de soldadura completa (QW-302.4): **APROBADO**

Registro N° F-COO-051 V5 Fecha 12/04/2013

Soldadura Supervisada por: Ing. Lino Mastino Boca

Resultados de la examinación alternativa radiográfica (QW-191): **APROBADO**

Reporte N° 023/WPQ-RT/13 Fecha 12/04/13

Películas o probetas evaluadas por: Ing. Gorki Mayhuasca Cuba Compañía: S.P.L GAMMA SAC

Certificamos que lo establecido en este registro es correcto y que las probetas de ensayo fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo con los requisitos de la sección IX del código ASME edición 2010.

Proyecto: Distribución de Gas Natural para las Zonas Industriales

Organización: Comercializadora S&E Perú SAC

Fecha: 12 de Abril del 2013

REVISADO CON OBSERVACIONES Revisar

NO APROBADO, CORRIGIR Y RESENTAR

RECALIFICADO

FECHA: 12.04.13


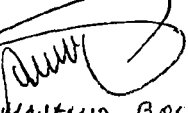

ACCIDENTE PROBACION SE LIZ

PRESENTADA AL C.O.I.

RESPONSABILIDAD

DE LOS PROCEDIMIENTOS

DE DETALLE.

 <b>ROSA MERCEDES</b> REPRESENTANTE DE CONTRATISTA RESIDENTE DE OBRA Reg. CIP. N° 121175	 <b>LINO MASTINO BOCA</b> SUPERVISOR DE SOLDADURA	 <b>ROSA MERCEDES</b> SUPERVISION CALIDDA
---	--	--

2013-014464



# **ANEXO I**

# **PLANOS**