

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“CONTROL DE CALIDAD EN JUNTAS SOLDADAS DEL
GASODUCTO DEL PROYECTO CAMISEA EXPANSION
MALVINAS – CASHIRIARI 1”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

OSCAR JORGE GOMEZ ESPINOZA

ASESOR: INGENIERO PEDRO ESCUDERO V.

**LIMA - PERU
2009**

DEDICATORIA

A mi madre y hermano, quienes siempre me apoyaron en mi carrera he hicieron posible que culminara con éxito la meta trazada.

AGRADECIMIENTOS

Es necesario mencionar el apoyo brindado de un profesional íntegro, en la persona del Ing. Pedro Escudero V. por el interés mostrado para el desarrollo del presente informe, por la disposición de su tiempo y en general por haberme brindado sus consejos y recomendaciones sobre la adecuada estructuración y desarrollo de mi Informe, a usted gracias.

CONTENIDO

| | |
|---|----------|
| PROLOGO | 1 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 Antecedentes | 4 |
| 1.2 Objetivo | 4 |
| 1.2.1 Objetivo General | 4 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 4 |
| 1.3 Limitaciones | 5 |
| 1.4 Justificación | 5 |
| CAPÍTULO II: CONCEPTUALIZACION TEORICA | 6 |
| 2.1 Generalidades del gas natural | 6 |
| 2.2 Composición del gas natural | 6 |
| 2.3 Ventajas del gas natural | 7 |
| 2.4 Tratamiento del gas natural | 8 |
| 2.5 Fundamentos para la fabricación de tuberías de gas natural | 10 |
| 2.6 Tecnología de la soldadura | 12 |
| 2.6.1 Soldadura | 12 |
| 2.6.2 Procesos de la soldadura | 12 |
| 2.6.3 Soldeo por arco con electrodo revestido (SMAW) | 14 |
| 2.6.3.1 Ventajas del proceso SMAW | 19 |
| 2.6.3.2 Limitaciones del proceso SMAW | 20 |
| 2.6.4 Soldeo por arco con alambre tubular (FCAW) | 21 |
| 2.6.4.1 Ventajas del proceso FCAW | 25 |
| 2.6.4.2 Limitaciones del proceso FCAW | 26 |
| 2.7 Ensayos no destructivos (END) | 27 |
| 2.7.1 Definición de END | 27 |
| 2.7.2 Campos de utilización | 27 |
| 2.7.3 Métodos de END | 28 |
| 2.7.4 Defectos de soldadura | 28 |
| 2.7.4.1 Falta de penetración | 30 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.7.4.2 | Falta de penetración debido a desalineamiento | 31 |
| 2.7.4.3 | Falta de fusión (IF) | 31 |
| 2.7.4.4 | Fusión incompleta debido a traslape en frio (IFD) | 32 |
| 2.7.4.5 | Concavidad Interna | 33 |
| 2.7.4.6 | Quemón (BT) | 34 |
| 2.7.4.7 | Inclusiones de Escoria | 35 |
| 2.7.4.8 | Porosidad | 37 |
| 2.7.4.9 | Fisuras | 39 |
| 2.7.4.10 | Mordeduras o socavado | 39 |
| 2.8 | Inspección visual | 40 |
| 2.8.1 | Inspección visual previa al proceso de soldadura | 40 |
| 2.8.2 | Inspección visual durante el proceso de soldadura | 41 |
| 2.8.3 | Inspección visual después del proceso de soldadura | 42 |
| 2.9 | Radiografía industrial | 42 |
| 2.10 | Sistema de gestión de calidad | 49 |
| 2.10.1 | Evolución de la calidad en el tiempo | 51 |
| CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | | 52 |
| 3.1 | Incidentes producidos en gasoductos | 52 |
| 3.2 | Fallas producidas en el proyecto Camisea | 53 |
| 3.2.1 | Análisis de la primera falla | 53 |
| 3.2.2 | Análisis de la segunda falla | 55 |
| 3.2.3 | Análisis de la tercera falla | 56 |
| 3.2.4 | Análisis de la cuarta falla | 57 |
| 3.2.5 | Análisis de la quinta falla | 58 |
| 3.2.6 | Análisis de la sexta falla | 60 |
| CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROBLEMA | | 62 |
| 4.1 | Etapa de soldadura | 62 |
| 4.1.1 | Personal, Equipos e Instrumentos | 62 |
| 4.1.2 | Inspecciones en el proceso de soldadura: | 63 |

| | | |
|-------------------------------|---|-----------|
| 4.1.2.1 | Inspección antes de la soldadura | 63 |
| 4.1.2.2 | Inspección durante la soldadura | 69 |
| 4.1.2.3 | Inspección después de la soldadura | 72 |
| 4.2 | Identificación de tubos y juntas soldadas | 74 |
| 4.2.1. | Identificación de los Tubos | 74 |
| 4.2.2. | Identificación de Juntas soldadas | 75 |
| 4.3 | Ensayos no destructivos (END) | 78 |
| 4.3.1 | Actividades previas | 78 |
| 4.3.2 | Materiales y equipos | 79 |
| 4.3.3 | Requerimientos del ensayo radiográfico | 80 |
| 4.3.4 | Técnica radiográfica | 81 |
| 4.4 | Reparación de soldadura | 81 |
| 4.4.1 | Defectos registrados después de la soldadura | 81 |
| 4.4.2 | Pre calentamiento | 83 |
| 4.4.3 | Fisuras | 84 |
| 4.4.4 | Restricciones | 84 |
| 4.4.5 | Re inspección de la reparación | 84 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS | | 85 |
| 5.1 | Resultados de juntas soldadas | 85 |
| 5.1.1 | Rechazos en juntas soldadas del sistema de transporte de Gas Natural | 85 |
| 5.1.2 | Rechazos en juntas soldadas del sistema de transporte de Líquidos y Gas Natural | 88 |
| CONCLUSIONES | | 91 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 93 |
| ANEXO | | 94 |

PROLOGO

El presente informe se estructura de la siguiente manera:

En el Primer Capítulo se detalla la parte Introdutoria, así como también se presenta la realidad problemática, justificación del estudio, limitaciones del estudio, así como el Objetivo General y los Objetivos Específicos sobre los cuales versa el presente informe.

En el Segundo Capítulo se describen los conceptos teóricos sobre el Gas Natural, los procesos de soldadura, ensayos no destructivos y sistemas de calidad.

En el Tercer Capítulo se detalla el planteamiento del problema los incidentes producidos en gasoductos de estados unidos así también las seis fallas producidas en el proyecto de Camisea las cuales se detalla cada una de las fallas.

En el Cuarto Capítulo se desarrolla el problema indicando las inspecciones que se realiza como control de calidad en la etapa de la soldadura, la identificación de las juntas soldadas para su rastreabilidad, Inspecciones por técnicas radiográficas al 100% en todas las juntas soldadas como ensayos no destructivos y reparaciones de Juntas soldadas para eliminación de los defectos.

En el Quinto Capítulo se desarrolla los resultados de las inspecciones a las juntas soldadas en el sistema de transporte de Gas Natural y Líquidos de Gas Natural indicando los porcentajes de rechazos obtenidos en la soldadura.

Para finalizar, se presentan las conclusiones y se anexa certificados de calidad de electrodos utilizados, procedimiento de soldadura, calificación de procedimiento con los resultados de los ensayos de laboratorios obtenidos, lista de soldadores y formatos de Rastreabilidad de juntas soldadas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en el Perú se viene desarrollando el proyecto Camisea con yacimientos ubicados en la zona de la selva amazónica, es el proyecto energético más relevante, de las últimas décadas con mayores expectativas en el orden energético y económico.

El proyecto consiste en captar y transportar el gas natural proveniente de los yacimientos San Martín y Cashiriari, hacia una planta de separación de líquidos ubicada en Malvinas, a orillas del río Urubamba en la zona de Camisea departamento del Cusco, el sistema de transporte de los hidrocarburos a partir de la planta de Malvinas es a través de dos ductos paralelos, un gasoducto de 732 km y un poliducto de 650 km, estas tuberías atraviesan la selva tropical amazónica peruana y la cordillera de los andes. El gasoducto que transporta el gas natural termina en la ciudad de Lurín (City Gate) para su posterior distribución en Lima y Callao y el poliducto que transporta líquidos de gas natural GNL termina en la Planta de fraccionamiento de pisco donde se fraccionan en productos de calidad comercial (GLP, gasolina y condensados) para su posterior despacho al mercado.

En el Proyecto Camisea se ha tenido en los últimos años fallas en los ductos para evitar que se produzcan más fallas que pongan en peligro la salud y los medios de vida de las poblaciones afectadas, causen daños ambientales y pongan en riesgo el

abastecimiento de gas a los usuarios de Lima, se debe llevar un buen control de calidad.

Es en este tipo de proyectos, donde se puede apreciar y comprobar la importancia del "Control de calidad en soldadura". Dentro de esta premisa debe destacarse el rol del ser humano, ya que de él dependerán los resultados concretos de tales proyectos. Es claro que todo proyecto debería buscar la mejora de la calidad de vida de todos.

Se debe aclarar que la gestión de calidad es sinónimo de rentabilidad en los negocios de transformación de acero, y proyectos industriales donde la soldadura, represente un proceso preponderante.

El control de calidad consta de actividades las cuales deben de cumplirse para el éxito del proyecto.

El informe se realiza bajo el Proyecto Expansión Malvinas Cashiriari I, que consiste en la instalación de 33 km de línea de tuberías de 24" de diámetro bajo normas API 1104, ASME B31.8 para el transporte de gas extraído desde el pozo ubicado en Cashiriari I hacia la planta de Camisea ubicada en Malvinas en la Selva de Cusco a orillas del río Urubamba en la planta de Camisea, existiendo 2 lotes, el lote 88 y el lote 56, este último fue escenario de las actividades realizadas, durante el trayecto se tubo diferentes dificultades con respecto al terreno y las condiciones climáticas adversas. La empresa BUREAU VERITAS estuvo a cargo de la inspección de todo el proyecto de Camisea por encargo de la empresa PLUSPETROL concesionaria de dichos lotes de Camisea. Se tenían instalados campamentos en los kilómetros 7,13, 19 y 27 a lo largo de los 33 km.

1.1 ANTECEDENTE

Dado los acontecimientos de fallas producido en los ductos de Camisea en los últimos años y basado en los informes de auditorías realizadas es imprescindible realizar un buen control de calidad, inspeccionando y haciendo cumplir los requisitos y estándares de calidad en los procesos de soldadura lo cual es de gran importancia para asegurar la sanidad de la construcción y prevenir los desastres lo cual afecta el medio ambiente y la seguridad de las personas.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo General

El objetivo general del presente informe es prevenir fallas futuras en la construcción de gasoductos referente a la soldadura mediante la aplicación de un sistema de control de calidad que asegure el cumplimiento de las norma API 1104 y ASME B31.8. referente a la soldadura.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los Objetivos Específicos del presente informe, los cuales se encuentran enmarcados en el Objetivo General son los siguientes:

- Dar a conocer la aplicación del control de calidad en el proceso de soldadura de gasoductos.
- Dar a conocer las discontinuidades presentes en el proceso de soldadura según la norma Api 1104.

1.3 LIMITACIONES

El presente informe se limita al estudio del control de calidad en el proceso de soldadura del gasoducto no incluye el control de calidad en las diferentes etapas del proyecto como curvado, desfile de tuberías, bajado y tapado etc.

1.4 JUSTIFICACION

Este informe contiene una revisión y análisis del proyecto con respecto al control de calidad de la soldadura, a fin de verificar la aplicación de las normas y códigos de construcción en la etapa de la soldadura, con el fin de establecer medidas correctivas necesarias para evitar desastres futuros así también se disminuye costos y ahorra tiempo al evitar errores.

CAPÍTULO II

CONCEPTUALIZACION TEORICA

2.1 GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

El Gas Natural es un combustible fósil formado por un conjunto de hidrocarburos que se encuentra en estado gaseoso en el subsuelo o en disolución con el petróleo. Se encuentra en la naturaleza como «gas natural asociado» cuando está acompañado de petróleo y como «gas natural no asociado» cuando no está acompañado de petróleo.

El gas natural puede contener una porción de hidrocarburos líquidos, que se encuentran en el yacimiento en estado gaseoso pero al salir a la superficie se vuelven líquidos. En este tipo de yacimiento existe "gas seco" y otra de "líquido de gas natural".

2.2 COMPOSICION DEL GAS NATURAL

Los principales componentes del gas natural es el Metano (CH_4) que usualmente constituye el 80%, y en menor proporción Etano (C_2H_6) que forman el gas seco, Otros componentes son el Propano (C_3H_8) y Butano (C_4H_{10}) que se mezcla y se obtiene el gas licuado de petróleo (GLP). Los otros elementos son el Anhídrido Carbónico, el Sulfídrico, el Nitrógeno, y en menores cantidades Agua, Helio, Argón e Hidrógeno.

El metano, principal constituyente del Gas Natural, tiene una gran variedad de usos.

Principalmente sirve como combustible o insumo en la actividad industrial, como combustible en las plantas térmicas generadoras de electricidad y combustible para el uso doméstico. El gas metano tiene ventajas frente a otras fuentes de energía primaria como el carbón, combustibles líquidos, energía eléctrica, hidráulica y nuclear.

Composición de Gas Natural

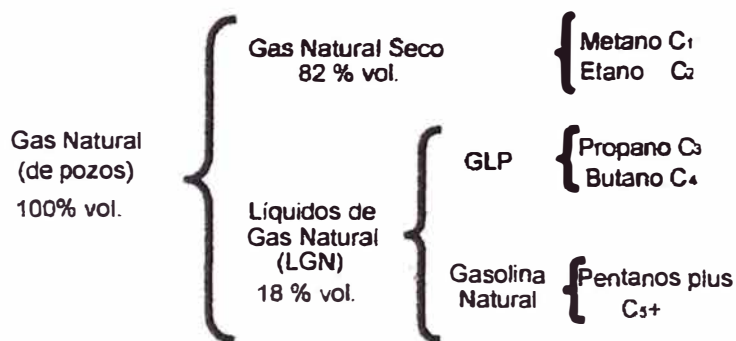


Fig. 2.1

2.3 VENTAJAS DEL GAS NATURAL

- Mejor rendimiento en la combustión.
- Ausencia de corrosión en las instalaciones.
- Aumento en la calidad del producto final.
- Supresión de la necesidad del almacenamiento de combustible.
- Reducción de pérdidas de combustibles en su transporte por el avance de las técnicas de canalización.
- Combustión controlable sin necesidad de personal especializado.
- Combustión exenta de agentes contaminantes.

2.4 TRATAMIENTO DEL GAS NATURAL

Las instalaciones típicas de explotación de gas natural cuentan normalmente con dos tipos de tuberías que van hasta los centros de consumo:

- Una tubería para el transporte del gas natural
- Una tubería para el transporte de los líquidos del gas natural (LGN)

Diagrama de La Explotación Del Gas Natural

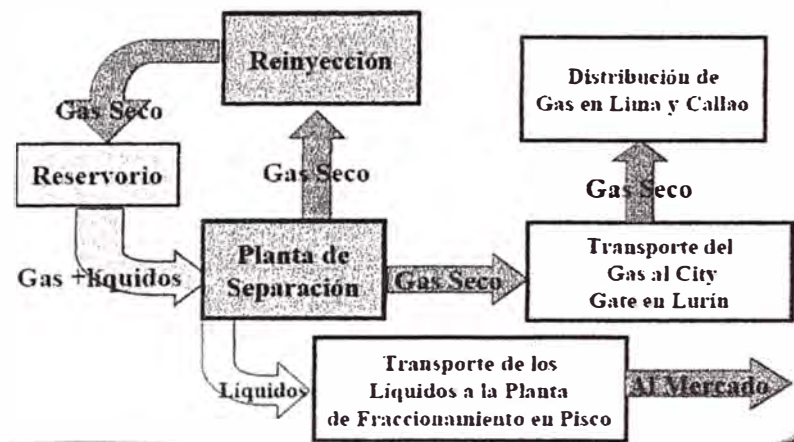


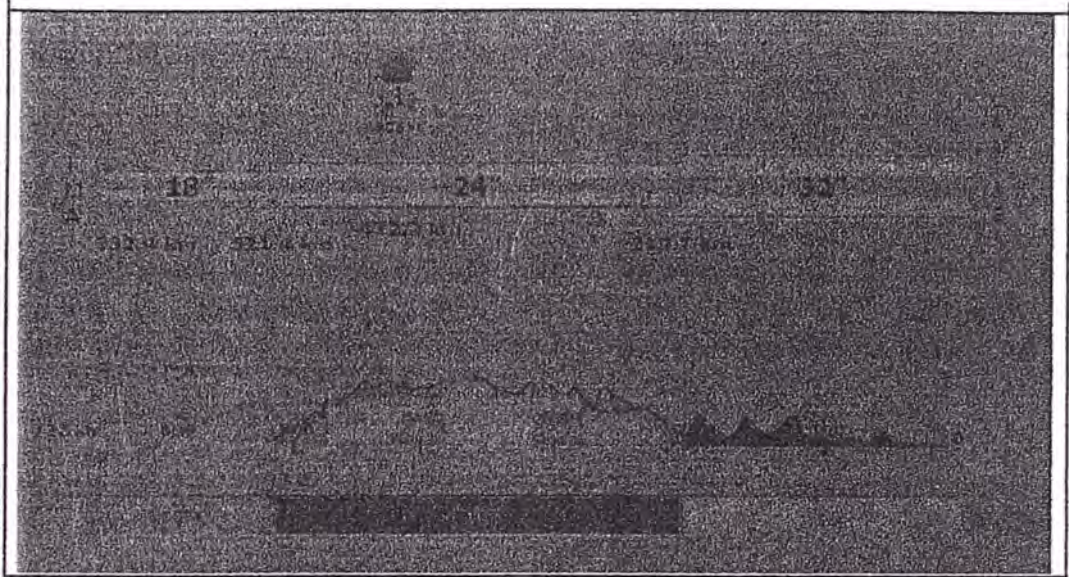
Fig. 2.2

Gasoducto de Camisea a Lima



Fig. 2.3

Esquema del Sistema de Transporte del Gas Natural



Esquema del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural (LGN)

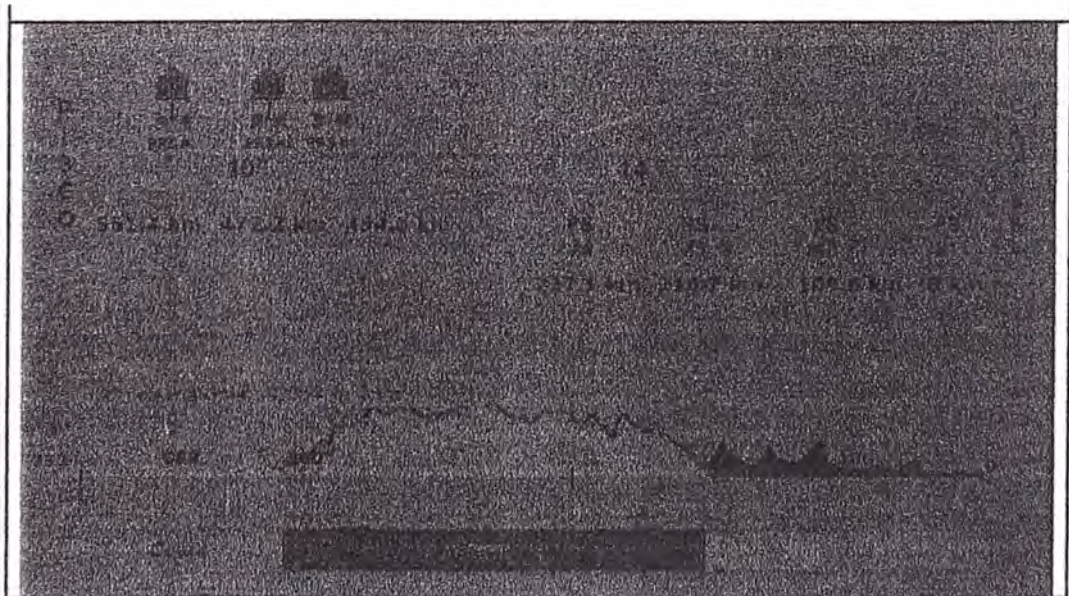


Fig. 2.3

2.5 FUNDAMENTOS PARA LA FABRICACION DE TUBERIAS PARA GAS

NATURAL

Las tuberías para transporte del gas natural se han ido perfeccionando a través del tiempo. Hace siglos los chinos transportaban el gas natural a través de cañas de bambú; hoy en día la calidad del acero y de las soldaduras de los gasoductos ofrece mucha mayor seguridad y garantía, de manera que el transporte del gas natural se realiza a presiones altas, que llegan hasta las dos mil libras por pulgada cuadrada.

Hay tres métodos de fabricación de tubería.

- **SIN COSTURA (sin soldadura).**- La tubería se forma a partir de un lingote cilíndrico el cuál es calentado en un horno antes de la extrusión. En la extrusión deforma con rodillos y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.
- **CON COSTURA LONGITUDINAL.**- Se parte de una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible.

CON COSTURA HELICOIDAL (o en espiral).- La metodología es la misma que el punto anterior con la salvedad de que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería siguiendo la tubería como si fuese roscada.

El material principal que se emplea para la construcción de los Gasoductos de transporte es el acero al carbono de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones. Su fabricación se basa en la norma americana API 5L que define sus características. Las conducciones de gas natural podemos dividirlos dependiendo de su uso en tres grandes grupos:

- ✓ Red de transporte a alta presión constituida por los gasoductos propiamente dichos operando a presiones del orden de los 60 a 80 bares.
- ✓ Redes de distribución industrial constituida por ramales, anillos o semianillos trabajando a presiones entre los 16 y los 25 bares.
- ✓ Redes de distribución doméstico-comercial constituidas por extensas mallas en el interior de las ciudades que deben trabajar a presiones inferiores a los 10 bares con tendencia a operar con presiones por debajo de los 4 bares.

Para este tipo de conducciones las tuberías se revisten exteriormente de polietileno, soldadas en toda su longitud y enterradas. Deben disponer de protección catódica mediante corriente impuesta, e instalarse a distancias determinadas dispositivos o válvulas de corte y venteo, así como las derivaciones adecuadas para la medición y reducción de la presión del gas, esto es imprescindible para evitar la corrosión en las tuberías.

2.6 TECNOLOGIA DE LA SOLDADURA

2.6.1 SOLDADURA

De acuerdo con AWS, una soldadura es, “una coalescencia localizada de metales o no metales producida tanto por calentamiento de los metales a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión, o por la aplicación de presión solamente y con o sin el uso de material de aporte.” Coalescencia significa “unidos uno a otro entre si”. Por esa razón la soldadura se refiere a las operaciones usadas para llevar a cabo esta operación de unión.

2.6.2 PROCESOS DE SOLDADURA

En la figura 2.4 se presenta la forma esquemática, de acuerdo a la AWS, los diferentes métodos de unión de materiales, diferenciando los del soldeo en tres grandes grupos:

- Soldeo por fusión.
- Soldeo en estado sólido.
- Soldeo fuerte y blando.

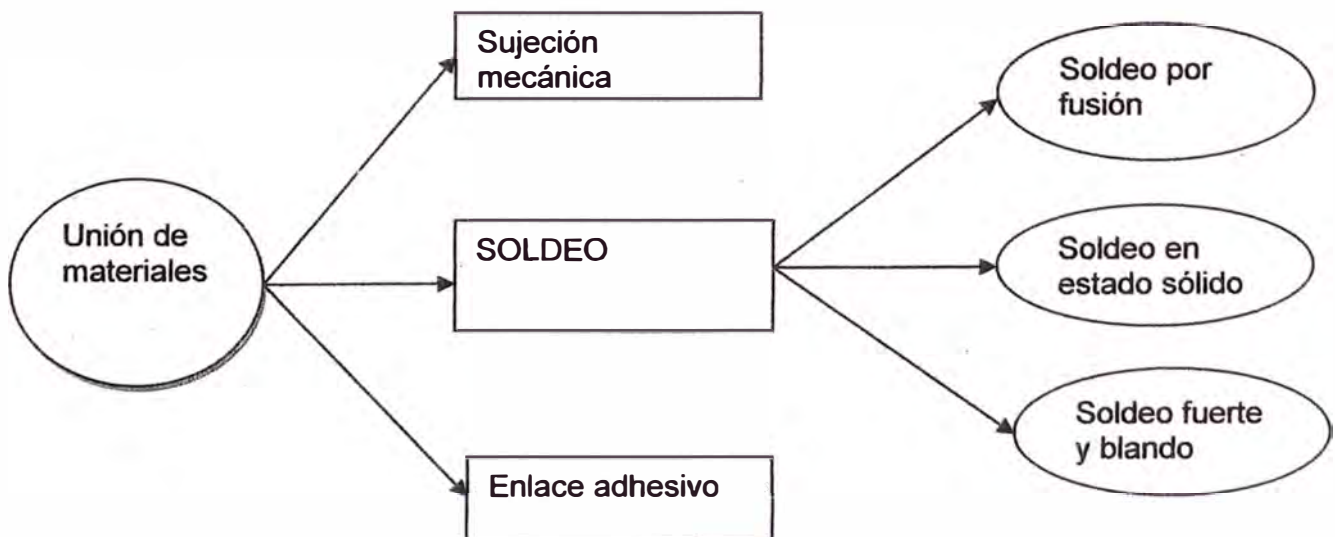


Fig. 2.4

Soldeo por Fusión.- Son aquellos en los que siempre se produce la fusión del metal base y la del de aportación cuando este se emplea. Es decir, siempre existe una fase líquida formada solo por metal base, o por metal base y de aportación.

Los procesos de fusión más utilizados son:

| | |
|--|--------|
| Soldeo por Arco con Electrodo Revestido | (SMAW) |
| Soldeo por Arco con Electrodo de Tungsteno y Protección Gaseosa | (GTAW) |
| Soldeo por Arco con Alambre y Protección Gaseosa | (GMAW) |
| Soldeo por Arco con Alambre Tubular | (FCAW) |
| Soldeo por Arco Sumergido | (SAW) |
| Soldeo Oxigas | (OAW) |
| Soldeo por Resistencia | (ERW) |

Soldeo en estado sólido.- Son aquellos en los que nunca se produce la fusión del metal base, ni la de la aportación cuando este se emplea. Es decir, nunca existe una fase líquida.

Soldeo fuerte y blando.- Son aquellos en los que siempre se produce la fusión del metal de aportación, pero no del metal base. Es decir, siempre existe una fase líquida formada solo por metal de aportación.

La diferencia entre soldeo fuerte y blando reside en que en el soldeo fuerte el metal de aportación funde por encima de 450°C, mientras

que en el soldeo blando el material de aportación funde a 450°C o a temperaturas inferiores.

2.6.3 SOLDEO POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)

Este proceso opera mediante el calentamiento del metal con un arco eléctrico entre un electrodo de metal recubierto, y los metales a ser unidos. La Figura 2.5 muestra los distintos elementos del proceso de soldadura por arco con electrodo revestido. Esta ilustración muestra que el arco es creado entre el electrodo y la pieza de trabajo debido al flujo de electricidad. Este arco provee calor, o energía, para fundir el metal base, metal de aporte y recubrimiento del electrodo. A medida que el arco de soldadura avanza hacia la derecha, deja detrás metal de soldadura solidificado cubierto por una capa de fundente convertido, conocido como escoria. Esta escoria tiende a flotar fuera del metal debido a que solidifica después que el metal fundido haya solidificado, entonces hay menos posibilidad que sea atrapada dentro de la zona de soldadura resultando una inclusión de escoria.

Otra característica que es de notar en la Figura 2.5 es la presencia de gas de protección, el que es producido cuando el recubrimiento del electrodo es calentado y se descompone. Estos gases ayudan al fundente en la protección del metal fundido en la región del arco.

El elemento principal en el proceso de soldadura por arco con electrodo revestido es el electrodo en si mismo. Está hecho de un núcleo de metal sólido, alambre, cubierto con una capa de fundente

granular que se mantiene en el lugar por algún tipo de agente aglutinante. Todos los electrodos de acero al carbono y baja aleación usan esencialmente el mismo tipo de alambre de núcleo de acero, de bajo carbono, acero efervescente. Cualquier aleación es provista por el recubrimiento, debido a que es más económico agregar aleantes de esta manera.

El recubrimiento del electrodo es la característica que clasifica a los distintos tipos de electrodos. Realmente sirven para cinco funciones diversas.

- **Protección:** El recubrimiento se descompone para formar una protección gaseosa para el metal fundido.
- **Desoxidación:** El recubrimiento provee una acción de flujo para remover el oxígeno y otros gases atmosféricos.
- **Aleante:** El recubrimiento provee elementos aleantes adicionales para el depósito de soldadura.
- **Ionización:** El recubrimiento mejora las características eléctricas para incrementar la estabilidad del arco.
- **Aislación:** La escoria solidificada provee una cobertura de aislación para disminuir la velocidad de enfriamiento del metal (el efecto menos importante).

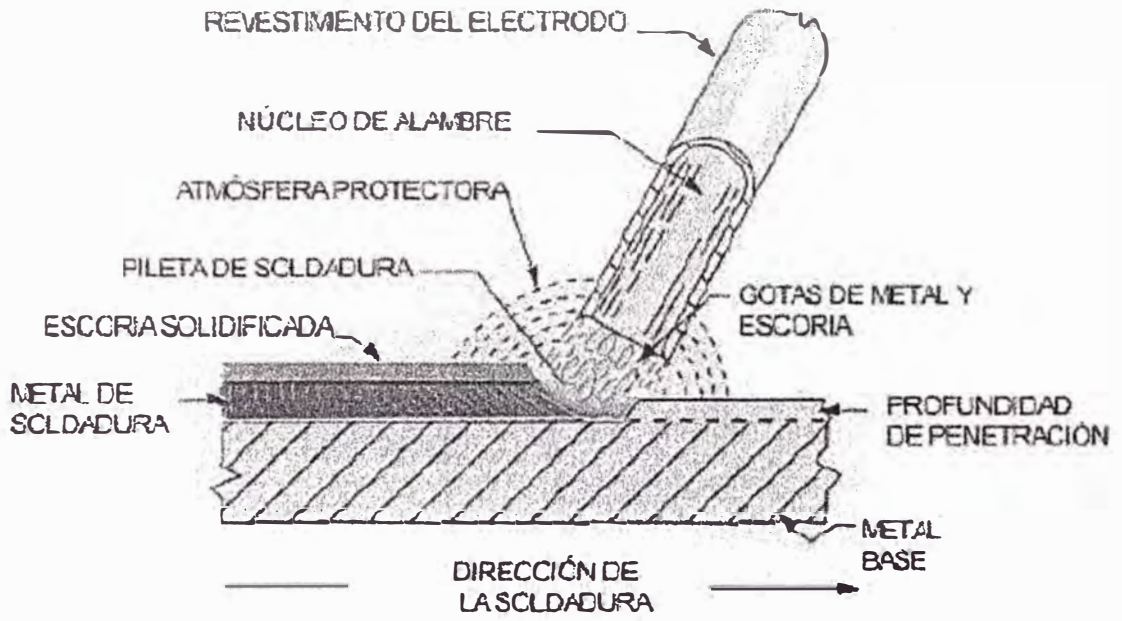
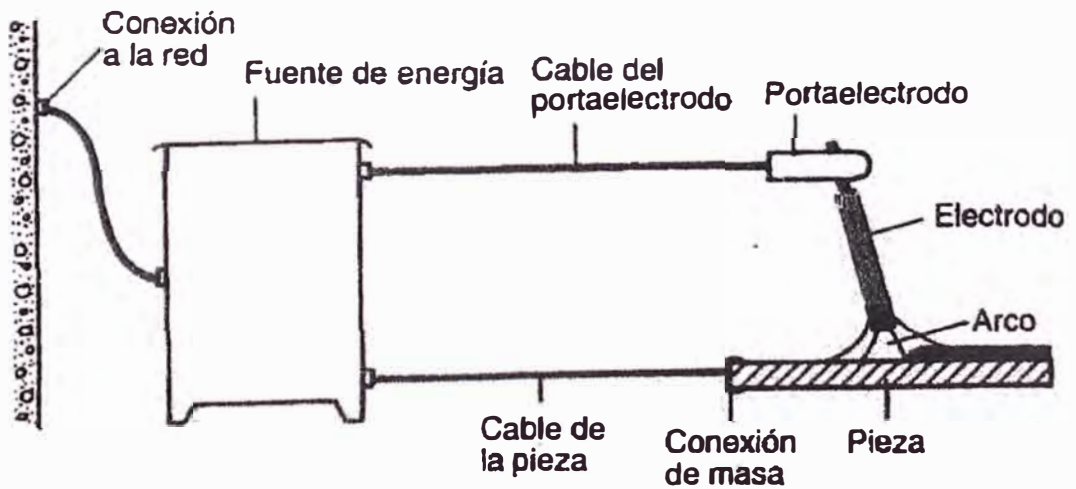


Fig. 2.5



Equipo de Soldar (SMAW)

Fig. 2.6

La American Welding Society ha desarrollado un sistema para la identificación de los electrodos de soldadura por arco con electrodo revestido. La Figura 2.7 ilustra las distintas partes de este sistema.

Las Especificaciones de la American Welding Society A5.1 y A5.5 describen los requerimientos para los electrodos de acero al carbono y de baja aleación respectivamente. Describen las distintas clasificaciones y características de esos electrodos

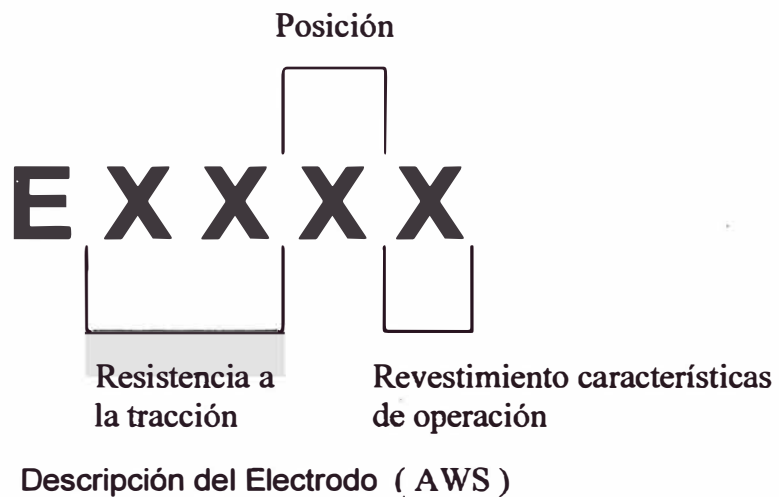


Fig. 2.7

Se establece que para electrodo la identificación consiste de una "E", seguida por cuatro o cinco dígitos. Los primeros dos o tres números se refieren a la mínima resistencia a la tracción del metal de soldadura depositado. Esos números expresan la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada.

Por ejemplo, "70" significa que la resistencia del metal soldadura depositado es al menos 70000 psi.

Los números siguientes se refieren a las posiciones en las cuales el electrodo puede ser usado. Una "1" indica un electrodo que es apto para ser usado en cualquier posición. Un "2" indica que el metal

fundido es tan fluido que el electrodo sólo puede ser usado en las posiciones plana o filete horizontal. Un "4" significa que el electrodo es apto para soldar en progresión descendente. El número "3" no está asignado.

El último número describe otras características que son determinadas por la composición del revestimiento presente en el electrodo. Este recubrimiento determinará las características de operación y corriente eléctrica recomendada: AC (corriente alterna), DCEP (corriente continua, electrodo positivo), DCEN (corriente continua, electrodo negativo).

Los electrodos para soldar aceros al carbono y de baja aleación que son los de uso más generalizados en la industria se clasifican en cuatro grupos principales:

➤ **Electrodos celulósicos:**

Penetración profunda, arco potente y estable, calidad de deposición a prueba de rayos X, solidificación rápida de los cordones lo que permite su empleo eficiente en todas las posiciones, ideal para posiciones forzadas aun en materiales sucios u oxidados, escoria liviana.

➤ **Electrodos rutilicos:**

Mediana penetración, cordones de buen aspecto, excelente calidad de los depósitos de soldadura, facilidad de encendido y mantenimiento del arco eléctrico, escoria liviana y fácil de desprender, fluidez y rapidez de fusión del electrodo.

➤ Electrodo de hierro en polvo:

Relleno rápido de las juntas, penetración moderada, arco suave y estable, buena calidad de la soldadura, escoria abundante que se desprende por si sola al enfriarse, cordones de perfecto acabado similares a los que se consiguen por soldadura automática.

➤ Electrodo de bajo hidrógeno:

Penetración mediana, propiedades mecánicas excepcionales y depósitos de muy alta calidad.

2.6.3.1 Ventajas del proceso SMAW

➤ El equipo de soldeo es relativamente sencillo, no muy caro y portátil.

➤ El metal de aportación y los medios para su protección durante el soldeo proceden del propio electrodo revestido. No es necesario protección adicional mediante gases auxiliares o fundentes granulares.

➤ Es menos sensible al viento y a las corrientes de aire que los procesos por arco con protección gaseosa. No obstante el proceso debe emplearse siempre protegido del viento, lluvia y nieve.

➤ Se puede emplear en cualquier posición, en locales abiertos y en locales cerrados, incluso con restricción de espacio. No requiere conducciones de agua de refrigeración, ni tuberías o

botellas de gases de protección, por lo que puede emplearse en lugares relativamente alejados de la fuente de energía.

- Es aplicable a una gran variedad de espesores, en general mayores de 2 mm.
- Es aplicable a la mayoría de los metales y aleaciones de uso normal.

2.6.3.2 Limitaciones del proceso SMAW

- Es un proceso lento por la baja tasa de deposición y por la necesidad de retirar la escoria, por lo que en determinadas aplicaciones ha sido desplazado por otros procesos.
- Requiere gran habilidad por parte del soldador.
- No es aplicable a metales de bajo punto de fusión como plomo, estaño, cinc y sus aleaciones debido a que el intenso calor de arco es excesivo para ellos. Tampoco es aplicable a metales de alta sensibilidad a la oxidación como el titanio, circonio, tántalo y niobio, y que la protección que proporciona es insuficiente para evitar la contaminación por oxígeno de la soldadura.
- No aplicable a espesores inferiores a 1.5-2 mm
- La tasa de deposición es inferior a la obtenida por los procesos que utilizan electrodo continuo, como FCAW o GMAW. Esto se debe a que el electrodo solo puede consumirse hasta una longitud mínima (unos 5cm) cuando se

llega a dicha longitud el soldador tiene que retirar la colilla del electrodo no consumida e insertar un nuevo electrodo.

- Aunque en teoría se puede soldar cualquier espesor por encima de 1.5 mm, el proceso no resulta productivo para espesores mayores de 38 mm. Para estos espesores resulta más adecuados los procesos SAW y FCAW.

2.6.4 SOLDEO POR ARCO CON ALAMBRE TUBULAR (FCAW)

Este es muy similar a la soldadura por arco con alambre y protección gaseosa excepto que el electrodo es tubular y contiene un fundente granular en vez de un alambre sólido como en soldadura por arco con alambre y protección gaseosa. La diferencia puede notarse en la Figura 2.8 que muestra un conjunto soldado mediante un proceso FCAW auto protegido y una vista en detalle de la región del arco durante la soldadura.

Se muestra al electrodo tubular que es alimentado a través del tubo de contacto de la pistola de soldadura, para producir un arco entre el electrodo y la pieza de trabajo. En tanto la soldadura progresa, se deposita un cordón de metal de soldadura. Cubriendo éste metal de soldadura solidificado se encuentra una capa de escoria, como el caso de la soldadura por arco con electrodo revestido.

Con soldadura por arco con alambre tubular, puede haber o no protección gaseosa, dependiendo en qué tipo de electrodo se use.

Algunos electrodos son designados como proveyendo toda la protección necesaria del fundente interno, y se los conoce como

“auto protegidos”. Otros electrodos requieren protección adicional de un gas de protección adicional. Con FCAW, como con otros procesos, hay un sistema de identificación para los distintos tipos de electrodos de soldadura, ilustrado en la Figura 2.10. Una revisión de los tipos de electrodos muestra que las designaciones se refieren a la polaridad, número de pasadas, y posición de soldadura.

Una identificación comienza con una “E”, la que expresa que es un electrodo. El primer número se refiere a la mínima resistencia a la tracción del metal de soldadura depositado en diez mil libras por pulgadas cuadradas, de manera que “7” significa que la resistencia a la tracción del metal de soldadura es al menos 70000 psi. El segundo dígito será tanto “0” o “1”. Un “0” significa que el electrodo es adecuado para el uso sólo en posición plana o filete horizontal, mientras que un “1” describe un electrodo que puede ser usado en cualquier posición. Siguiendo a estos números está la letra “T”, que se refiere a un electrodo tubular. A esto sigue un guión y luego otro número que denota el grupo particular basado en la composición química del metal de soldadura, tipo de corriente, polaridad de la operación, además si requiere protección gaseosa, y otras informaciones para la categoría.

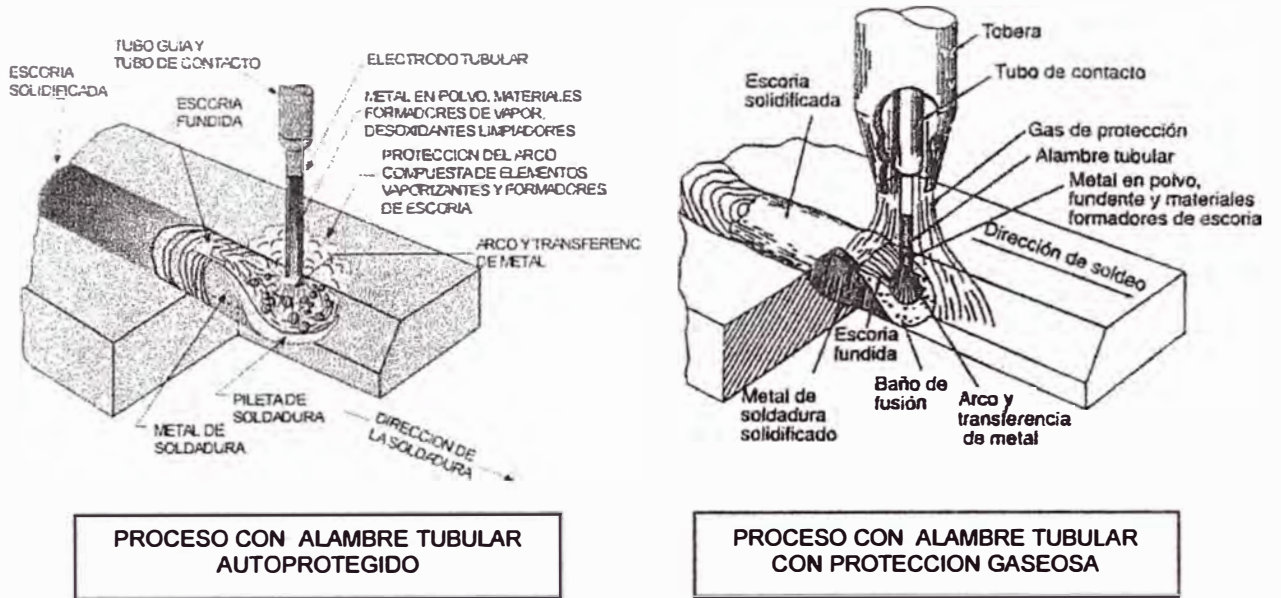
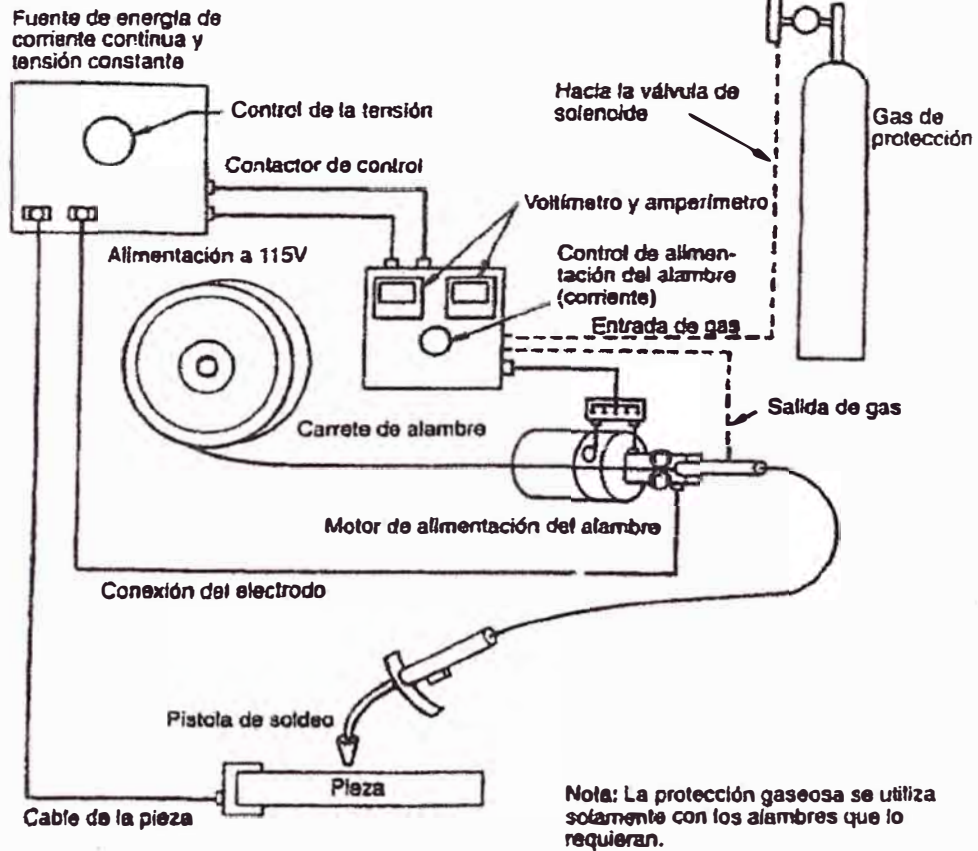
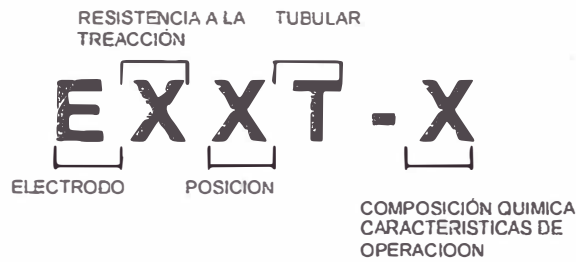


Fig. 2.8



Equipo de Soldar (FCAW)

Fig. 2.9



Descripción del Electrodo (AWS)

Fig. 2.10

Con este sistema de identificación, puede determinarse si una clasificación de electrodo requiere o no gas de protección auxiliar. Esto es importante para el inspector de soldadura, debido a que la soldadura por arco con alambre tubular puede realizarse o no un gas de protección externo.

Algunos electrodos están formulados para ser usados sin ningún gas de protección adicional distinto al contenido dentro del electrodo. Estos tienen los números 3, 4, 6, 7, 8, 10 y 11. Mientras que los electrodos que tienen los sufijos 1, 2 y 5, requieren alguna protección externa para ayudar en la protección del metal fundido. Ambos tipos ofrecen ventajas, dependiendo de la aplicación. Adicionalmente los sufijos G y GS se refieren a pasadas múltiples y pasada única respectivamente.

Por ejemplo los autoprottegidos se adecuan mejor para soldaduras de campo, donde el viento puede tener como consecuencia una pérdida de la protección gaseosa. Los electrodos del tipo de los de protección gaseosa, son usados cuando la necesidad de propiedades mejoradas del metal de soldadura justifica el costo adicional.

Los gases usados normalmente para soldadura por arco con alambre tubular son CO₂, o 75% Argón - 25 % CO₂, pero se dispone de otras combinaciones de gases.

2.6.4.1 Ventajas del proceso FCAW

- Deposito de metal de soldadura de alta calidad.
- Excelente aspecto de la soldadura: lisa y uniforme.
- Excelente perfil de las soldaduras de filete horizontales
- Es posible soldar muchos aceros dentro de un intervalo de espesores amplio.
- Factor operativo elevado - fácil de mecanizar.
- Tasa de deposición alta-densidad de corriente elevada.
- Eficiencia de depósito del electrodo relativamente alta.
- Diseños de unión económicos en cuanto a su ingeniería.
- Arco visible - fácil de usar.
- No requiere tanta limpieza previa como GMAW.
- Produce menor distorsión que SMAW.
- Tasa de deposición hasta 4 veces mayor que con SMAW.
- El empleo de electrodos con autoprotección hace innecesario el equipo para manipular fundente o gas, y tolera mejor las condiciones de movimiento brusco del aire que prevalecen en la construcción en exteriores.

- Mayor tolerancia de contaminantes que podrían causar agrietamiento de la soldadura.
- Resistencia al agrietamiento de la franja de soldadura inferior.

2.6.4.2 Limitaciones del proceso FCAW

- El proceso FCAW actual está limitado a la soldadura de metales ferrosos y aleaciones con base de níquel.
- El proceso produce una cubierta de escoria que es preciso eliminar.
- El alambre de electrodo para FCAW cuesta más por unidad de peso que el alambre de electrodo sólido, excepto en el caso de algunos aceros de alta aleación.
- El equipo es más costoso y complejo que el que se requiere para SMAW; no obstante, el aumento en la productividad casi siempre compensa esto.
- El alimentador de alambre y la fuente de potencia deben estar relativamente cerca del punto de soldadura.
- En la versión con escudo de gas, el escudo externo puede sufrir efectos adversos por el viento y las corrientes de aire. Esto no es un problema con los electrodos autoprottegidos, excepto cuando hay vientos muy fuertes, porque el escudo se genera en el extremo del electrodo, que es exactamente donde se requiere.

- El equipo es más complejo que el de SMAW, por lo que requiere mayor mantenimiento.
- Se genera mayor cantidad de humos y vapores (en comparación con GMAW o SAW).

2.7 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

2.7.1 Definición de END

Métodos de inspección que permite evaluar que las condiciones de funcionalidad y confiabilidad de un producto, se cumplan dentro de las especificaciones de diseño, sin impedir la utilización futura del producto inspeccionado.

2.7.2 Campos de utilización

a) Producción:

- Durante todo, o en parte, del proceso de fabricación de un producto.
- En este caso el objetivo es la verificación del cumplimiento de las especificaciones de diseño (Control de Calidad).

b) Mantenimiento:

- Control periódico de un producto durante su vida útil.
- En este caso el objetivo es la verificar que durante el servicio los materiales y componentes no sufran modificaciones que afecten el grado de funcionalidad requerido (Evaluación de integridad).

2.7.3 Métodos de END

A lo largo de los años, han sido desarrollados muchos métodos de ensayos no destructivos. Cada uno de ellos tienen asociado varias ventajas y limitaciones haciéndolo más o menos apropiado para una aplicación dada. Con la cantidad de métodos de ensayo disponible, es importante elegir que método nos va a proveer de los resultados necesarios. En muchos casos pueden ser aplicados diferentes ensayos para proveer una seguridad extra sobre el componente o material. Dado que existen muchos ensayos, mencionaremos los que son usados más comúnmente para la evaluación de los metales base y las soldaduras.

1. Inspección visual (IV)
2. Líquidos penetrantes (PT)
3. Partículas magnetizables (MT)
4. Radiografías (RT)
5. Ultrasonido (UT)

2.7.4 Defectos de soldadura

Para introducir a los Defectos en las Soldaduras es necesario, definir términos tales como discontinuidad, defecto, indicación:

A. Discontinuidad:

Es una irregularidad o interrupción que se presenta en la estructura física normal del material.

a) Localización

- Superficiales: Se presentan en la superficie del material no importa su profundidad.
- Sub-superficiales: Se encuentran cercanas a la superficie sin alcanzar la superficie del material.
- Internas: Se encuentran en el interior del material.

b) Configuración

Las configuraciones de las discontinuidades pueden ser separadas en dos grupos generales:

- Lineales: Muestran longitudes mucho más grande que su ancho.
- No lineales: Tienen dimensiones de longitud y ancho esencialmente la misma.

B. Defecto:

Es una discontinuidad que excede los criterios de aceptación establecidos, o que podría generar que el material o equipo falle cuando sea puesto en servicio o durante su funcionamiento.

C. Indicación:

Respuesta o evidencia de una discontinuidad resultante de la aplicación de un END, que requiere ser interpretada para determinar su significado.

Se tienen dos tipos de indicación:

- Alargada: todas aquellas indicaciones cuya longitud L es mayor a 3 veces su ancho A : ($L > 3A$).
- Redondeada: todas aquellas indicaciones cuya longitud L es menor o igual a 3 veces su ancho A : ($L \leq 3A$).

En los defectos de soldadura se tiene que tener en cuenta que una discontinuidad lineal presente en la dirección perpendicular a la tensión aplicada, representa una situación más crítica que una no lineal; debido a la mayor tendencia a la propagación y generación de una fisura.

A continuación se indican las discontinuidades descritas en la API 1104 y su criterio de aceptabilidad:

2.7.4.1 Falta de penetración

La falta de penetración sin high-low (IP), es definida como la falta de metal en la raíz. La falta de penetración se considera inaceptable cuando:

- a) La longitud de una indicación individual de (IP) sea mayor a 1 pulgada (25 mm);
- b) La suma de las indicaciones de (IP) en una longitud continua de 12 pulgadas de soldadura exceda 1 pulgada;
- c) La suma de las indicaciones de (IP) exceda el 8% del total de la soldadura, si esta es menos de 12 pulgadas en longitud.

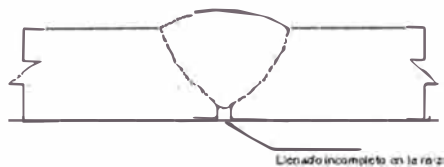


Fig. 2.11

2.7.4.2 Falta de penetración debido a desalineamiento(high-low)

La penetración inadecuada debido a high-low (IPD) se debe a la condición que existe cuando un lado de raíz está expuesto (o descubierto) porque las juntas adyacentes de la tubería o accesorios están desalineadas. No puede aceptarse este defecto (IPD) cuando una de las siguientes condiciones está presente:

- a) La longitud de una indicación continua individual de (IPD) excede de 2 pulgadas (50mm).
- b) La suma de las indicaciones de (IPD) en una longitud continua de 12 pulgadas de una soldadura excede de 3 pulgadas (76,2mm).

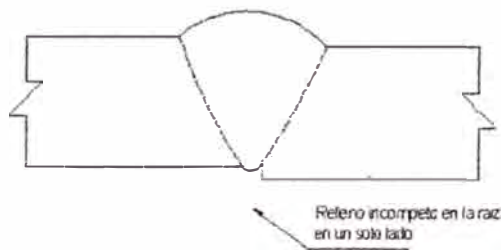


Fig. 2.12

2.7.4.3 Falta de fusión (IF)

La Fusión Incompleta (IF) se define como una discontinuidad entre la soldadura y el metal base que está abierta a la superficie. La Fusión Incompleta es inaceptable cuando existe cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de (IF) exceda de 1 pulgada;
- b) La longitud sumada de (IF) en una soldadura continua de 12 pulgadas exceda de 1 pulgada (25 mm);

c) La suma de las indicaciones de (IF) exceda de un 8% de la longitud de la soldadura, en cualquier soldadura menor de 12 pulgadas.

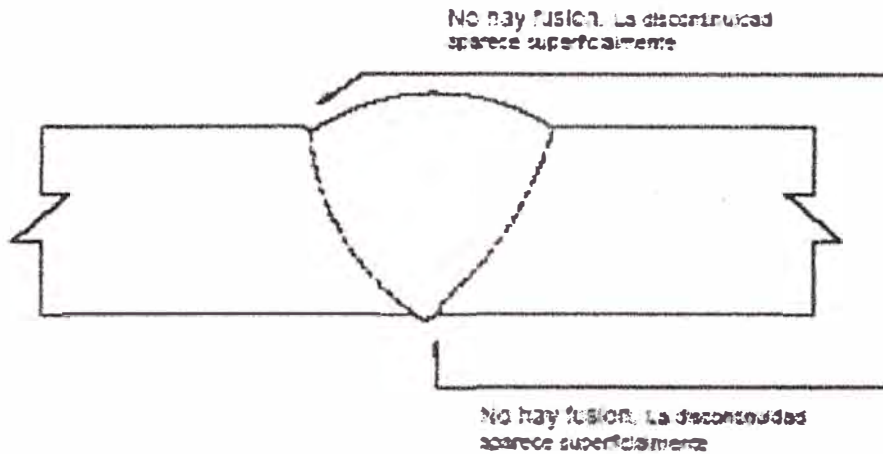


Fig. 2.13

2.7.4.4 Fusión incompleta debido a traslape en frío (IFD)

La fusión incompleta debido a junta fría (IFD) se define como una discontinuidad entre dos capas de soldadura adyacentes o entre la soldadura y el metal base pero que no está abierta a la superficie.

Esta condición se muestra esquemáticamente en la figura 4 (IFD) es inaceptable cuando se observa cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) La longitud de una indicación individual de IFD excede de 2 pulgadas (50,8mm);
- b) La suma de las indicaciones de IFD en cualquier longitud continua de cada 12 pulgadas excede de 2 pulgadas (50 mm);

c) La longitud sumada de las indicaciones IFD excede de 8 % de la longitud de la soldadura.

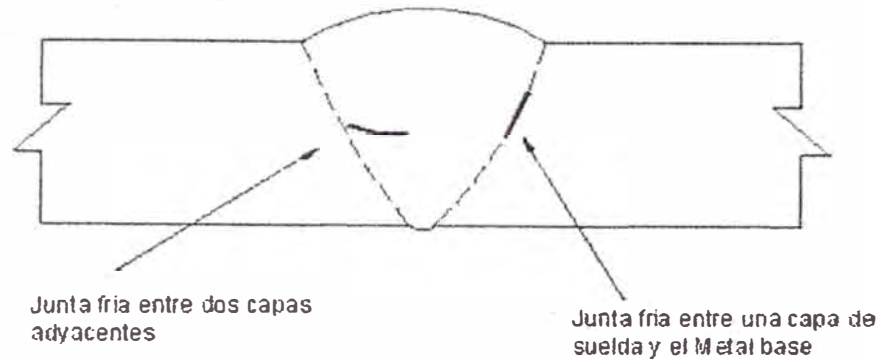


Fig. 2.14

2.7.4.5 Concavidad Interna

Una Concavidad Interna (IC) está definida como una capa que está fusionada adecuadamente y ha penetrado en el espesor de la pared en los lados del bisel, pero su centro está de alguna manera bajo de la superficie interna de la pared del tubo.

Cualquier longitud de una concavidad interna (IC) es aceptable, siempre que la densidad de la imagen radiográfica de la concavidad no exceda la de la más delgada de la del metal base, en caso contrario debe aplicarse el criterio de Quemón.

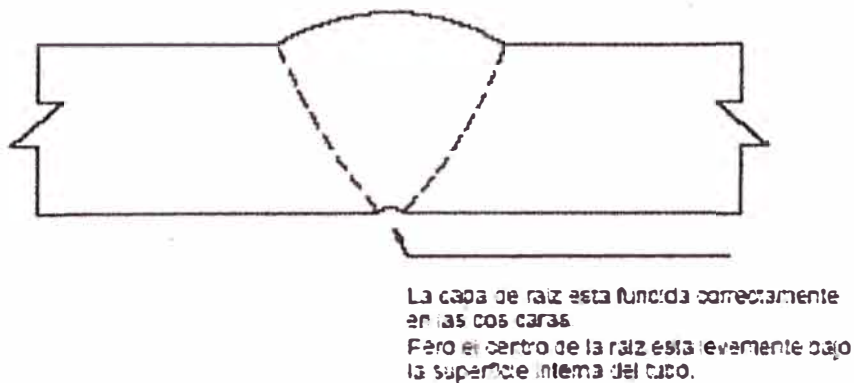


Fig. 2.15

2.7.4.6 Quemón (BT)

Un defecto Burn-Through (BT), o Quemón se define como una porción del cordón de soldadura en la raíz que, donde una penetración excesiva ha causado que el material de soldadura sea expulsado dentro de la pared interna del tubo.

Para tuberías con un diámetro exterior mayor o igual a 2 3/8" de pulgada (60,3mm), este defecto (BT) no se acepta cuando:

- a) La dimensión máxima del quemón excede de ¼ de pulgada (6 mm) y la densidad de la imagen del BT excede la de parte más delgada del metal base.
- b) La dimensión máxima excede el espesor nominal mas delgado de la junta, y la densidad de la imagen del BT excede la del material base más delgado adyacente.
- c) La suma de las dimensiones máximas de BTs separados cuya densidad de imagen excede la del metal base adyacente más delgado excede de ½ pulgada (13 mm) en cualquier longitud de soldadura de 12 pulgadas o la longitud completa de soldadura, la que sea menor.

Para diámetros exteriores menores a 2 3/8" de pulg., los quemones serán considerados defectos si:

- a) La máxima dimensión excede ¼" (6 mm) y la densidad de la imagen del Quemón excede la del espesor más delgado del metal base.

b) La máxima dimensión excede el espesor nominal más delgado a soldar, y la densidad de la imagen del Quemón excede la del metal base adyacente más delgado.

c) Mas de un Quemón de cualquier tamaño está presente y la densidad de más de una de las imágenes excede la del metal base adyacente más delgado.

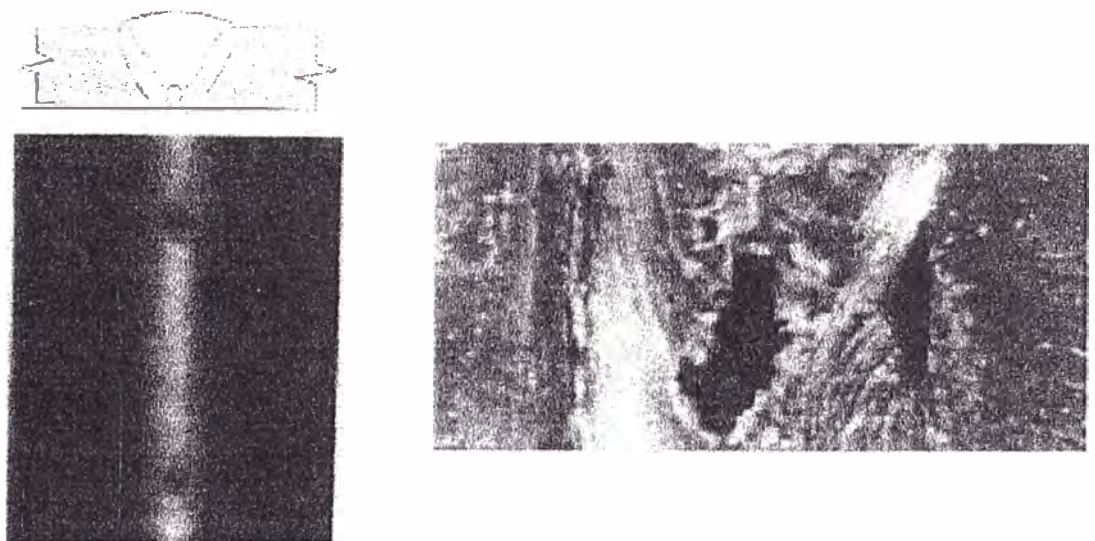


Fig. 2.16

2.7.4.7 Inclusiones de Escoria

Una inclusión de escoria se define como un sólido no metálico atrapado en la soldadura o entre el metal de aporte y el metal base.

Las inclusiones de escoria alargadas (ESI's) – por ejemplo líneas de escoria continuas o discontinuas tales como huellas de vagones de tren, usualmente se encuentran normalmente en la zona de fusión.

Las inclusiones de escoria aisladas (ISI's) son de forma irregular y pueden encontrarse en cualquier parte de la soldadura. Para

propósitos de evaluación, cuando se mide el tamaño de la inclusión, debe considerarse la dimensión máxima que se encuentre.

Para tubos con un diámetro exterior mayor o igual a 2 3/8 de pulgada (60,33mm), las inclusiones de escoria son inaceptables cuando:

a) La longitud de la indicación del defecto ESI sobrepasa 2 pulgadas (50mm);

Nota: Indicaciones paralelas de ESI separadas por aproximadamente el ancho del pase de raíz (wagon racks) deben considerarse como indicaciones individuales a menos que el ancho de cualquiera de ellas exceda de 1/32 de pulgadas (0,8 mm). En este caso debe considerarse como indicaciones separadas.

b) La longitud sumada de las indicaciones ESI en una longitud continua de 12 pulgadas de soldadura exceda 2 pulgadas (50,8mm);

c) El ancho de una indicación ESI sobrepase de 1/16 de pulgada (1,6mm);

d) La longitud sumada de indicaciones ISI en una longitud continua de 12 pulgadas de soldadura sobrepasa de 1/2 pulgada (12,7mm);

e) El ancho de una indicación ISI sobrepase de 1/8 de pulgada (3 mm);

f) Más de cuatro indicaciones ISI con un ancho máximo de 1/8 de pulgada (3 mm) se presentan en una longitud de 12 pulgadas de soldadura.

g) La longitud sumada de las indicaciones ESI o ISI excede del 8 % de la longitud de la soldadura.

Para tuberías de diámetro exterior menores que 2 3/8" pulg. , las inclusiones de escoria serán consideradas defectos si cualquiera de las siguientes condiciones se da:

- a) El ancho de la indicación de escoria alargada excede 1/16" (1,6mm)
- b) La longitud acumulada de indicaciones aisladas excede 2 veces el espesor más delgado de los elementos a unir y el ancho excede la mitad del más delgado de los espesores de pared a unir.
- c) La longitud acumulada de escorias alargadas o individuales excede 8% de la longitud de soldadura.

2.7.4.8 Porosidad

La Porosidad se define como un gas atrapado dentro de la soldadura antes de que este gas tenga oportunidad de alcanzar la superficie y escape. Las porosidades son generalmente esféricas o pueden ser alargadas o de forma irregular (como un cilindro o poro hueco (wormhole)). Cuando el tamaño de la indicación producida por un poro se mide, la máxima dimensión de la indicación se da según los siguientes criterios:

Una porosidad individual o porosidades dispersas (P) son inaceptables cuando:

- a) El tamaño de un poro individual sobrepasa de 1/8 de pulgada (3 mm);

b) El tamaño de un poro individual excede del 25% del espesor nominal de la junta;

c) La distribución (densidad) de las porosidades dispersas (aleatorias) excede la concentración, observada en el API 1104 Ed. 1999 Fig. 19 y 20.

La porosidad agrupada (Cluster) (CP) que ocurre en cualquier pase excepto el pase final debe cumplir con los mismos criterios anteriormente expuestos.

Los defectos tipo (CP) que ocurran en el pase final no se aceptan bajo las siguientes condiciones:

a) El diámetro de la porosidad agrupada exceda de $\frac{1}{2}$ pulgada;

b) Las longitudes sumadas de los CP en una longitud continua de 12 pulgadas de soldadura sobrepase de $\frac{1}{2}$ pulgada (12,7mm).

c) Un poro individual dentro de grupo de porosidad exceda de $\frac{1}{16}$ pulgadas (1.6mm).

Una porosidad tipo Hollow-bead (HB) se define como una porosidad alargada y lineal que ocurre en el pase de raíz. (HB) no se acepta bajo las siguientes condiciones:

a) La longitud de una indicación individual de (HB) excede $\frac{1}{2}$ pulgada (13 mm);

b) La longitud sumada de las indicaciones (HB) en una longitud continua de 12 pulgadas (300 mm) de soldadura sobrepasa a 2 pulgadas (50,8mm);

c) Indicaciones individuales de (HB) más grandes de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6,35mm) en longitud, estén separadas por menos que 2 pulgadas (50 mm);

d) La longitud sumada de todas las indicaciones (HB) exceda del 8% de la longitud de la soldadura.

2.7.4.9 Fisuras

Las fisuras de cualquier tamaño o localización en la soldadura no se aceptan, excepto las del tipo cráter superficial o del tipo estrella siempre y cuando no excedan de $\frac{5}{32}$ de pulgada (4 mm).

Nota: Las fisuras superficiales tipo cráter o tipo estrella están localizadas en los puntos donde se para el pase de soldadura y son el resultado de contracciones del metal durante la solidificación.

2.7.4.10 Mordeduras o Socavado

Una Mordedura se define como una ranura o hendidura fundida en el metal base adyacente a la raíz de la soldadura y que no está rellena. Las Mordeduras pueden ser adyacentes al pase de cubierta (EU) o al pase de fondeo o de raíz (IU). Estos defectos no se aceptan bajo las siguientes condiciones:

a) La longitud sumada de las indicaciones de (EU) e (IU) en cualquier combinación en una longitud de 12 pulgadas exceda a 2 pulgadas (50 mm).

b) La longitud sumada de estas indicaciones exceda $1/6$ de la longitud soldada.

Nota: Para aceptación del socavado cuando mediciones visuales o mecánicas son empleadas se aplica la Tabla IV.

2.8 INSPECCION VISUAL

La inspección visual es una secuencia de operaciones realizadas a lo largo de todo el proceso productivo, que se inicia en la revisión de los elementos contractuales y termina en la entrega de toda la documentación pertinente una vez terminada la construcción e inspección del proyecto.

La razón principal para realizar la inspección en forma continua es descubrir los problemas ni bien aparecen de forma que puedan ser corregidos de la manera más eficiente. Por eso la inspección visual es tratada en tres categorías:

1. Inspección visual previa al proceso de soldadura.
2. Inspección visual durante el proceso de soldadura.
3. Inspección visual después del proceso de soldadura.

2.8.1 Inspección visual previa al proceso de soldadura

Revisar la Documentación Aplicable

Verificar los procedimientos de soldadura

Verificar las calificaciones de cada soldador

Establecer los puntos de espera

Desarrollar el plan de inspección

Desarrollar el plan para los registros de inspección y el mantenimiento de esos registros

Desarrollar el sistema de identificación de rechazos

Verificar el estado del equipo de soldadura

Verificar la calidad y el estado del metal base y los materiales de aporte a ser usados

Verificar los preparativos para la soldadura

Verificar la presentación de la junta

Verificar la limpieza de la junta

Verificar precalentamiento si se requiere

2.8.2 Inspección visual durante el proceso de soldadura

Verificar que las variables de soldadura estén de acuerdo con el procedimiento de soldadura

Verificar la calidad de cada pasada de soldadura

Verificar la limpieza entre pasadas

Verificar la temperatura entre pasadas

Verificar la secuencia y ubicación de las pasadas de soldadura individuales

Verificar las superficies repeladas

Si se requiere, verificar los ensayos NDE durante el proceso

2.8.3 Inspección visual después del proceso de soldadura

Verificar el aspecto final de la soldadura terminada

Verificar el tamaño de la soldadura

Verificar la longitud de la soldadura

Verificar la precisión dimensional del componente soldado

Si se requiere, verificar los ensayos NDE adicionales

Si se requiere verificar el tratamiento térmico posterior a la soldadura

Preparar los reportes de inspección

2.9 RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

La radiografía es un método de ensayos no destructivos basado en el principio de transmisión o absorción de radiación preferencial. Las áreas de espesor reducido o menor densidad transmiten más, y en consecuencia absorben menos radiación. La radiación que pasa a través del objeto de ensayo, formará una imagen contrastante en una película que recibe la radiación.

Las áreas de alta transmisión de radiación, o baja absorción, en la película revelada aparecen como áreas negras. Las áreas de baja transmisión de radiación, o alta absorción, en las películas reveladas aparecen como áreas claras. La Figura 2.17 muestra el efecto del espesor en la oscuridad de la película.

El área de menor espesor del objeto de ensayo produce un área más oscura en la película debido a que se transmite más radiación a la película. El área de mayor espesor del objeto de ensayo produce el área más clara porque el objeto absorbe más radiación y se transmite menos. La Figura 2.17 muestra el efecto de la densidad del material en la oscuridad de la película.

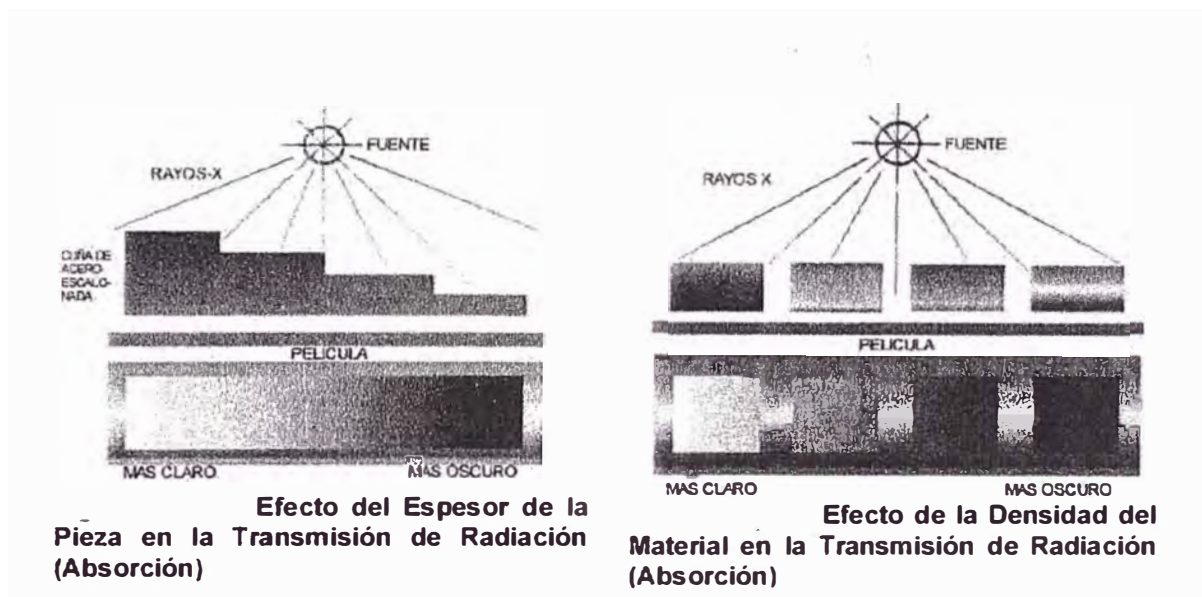


Fig. 2.17

De los materiales mostrados en la Figura 2.17, el plomo tiene la mayor densidad (11.34 g/cc), seguido en orden por el cobre (8.96 g/cc), el acero (7.87 g/cc), y el aluminio (2.70 g/cc). Con la mayor densidad (peso por unidad de volumen), el plomo absorbe la mayor parte de la radiación, y por esto produce la película más clara.

La radiación de baja energía, que no sea de partículas, se da en la forma de radiación gamma o rayos X. Los rayos gamma son el resultado de la desintegración de los materiales radioactivos; las fuentes radioactivas incluyen al Iridio 192, Cesio 137 y Cobalto 60. Estas fuentes emiten radiación en forma constante y deben mantenerse en un contenedor de

almacenamiento protegido, conocido como "cámara gamma", cuando no está en uso. Estos contenedores frecuentemente emplean protecciones de plomo y acero.

Los rayos X fabricados artificialmente; se producen cuando los electrones, viajando a altas velocidades, chocan con la materia. La conversión de energía eléctrica en radiación X se alcanza en un tubo de vacío. Se pasa una corriente baja a través de un filamento incandescente para producir electrones. La aplicación de alto potencial (voltaje) entre el filamento y el metal de objetivo acelera los electrones a través de este potencial diferencial.

La acción de un flujo de electrones que golpean contra el objetivo produce rayos X. Sólo se produce radiación cuando se aplica el voltaje a un tubo de rayos X. Usando tanto fuentes de rayos X o gamma, la pieza no continúa siendo radioactiva seguido al ensayo. Las discontinuidades por debajo de la superficie que son detectadas fácilmente por este método son las que tienen una densidad distinta al material que se está radiando. Estas incluyen huecos, inclusiones metálicas y no metálicas, y fisuras y faltas de fusión alineadas en forma favorable. Los huecos tales como porosidad, producen áreas oscuras en la película, debido a que representan una pérdida significativa de densidad del material. Las inclusiones metálicas producen áreas claras en la película si tienen mayor densidad que la del objeto de ensayo. Por ejemplo, las inclusiones de tungsteno en las soldaduras de aluminio, producidas por una técnica inapropiada de soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa, aparecen en la película como áreas muy claras, la densidad del tungsteno es de 19.3 g/cc. Las inclusiones no metálicas, tales como la escoria, producen frecuentemente áreas oscuras

en la película; sin embargo, algunos electrodos contienen revestimientos que producen escoria de una densidad similar a la del metal de soldadura depositado y la escoria producida por ellos es muy difícil de encontrar e interpretar. Las fisuras y fusiones incompletas deben estar alineadas de forma tal que la profundidad de las discontinuidades sea casi paralela al haz de radiación para que sean detectadas. Las discontinuidades superficiales también aparecerán en la película; sin embargo, no se recomienda el uso del ensayo de radiación, debido a que la inspección visual es mucho más económica. Algunas de estas discontinuidades son la socavación, excesivo sobreespesor, falta de fusión, y sobreespesor de raíz por penetración. El ensayo radiográfico es muy versátil y puede ser usado para inspeccionar todos los materiales de ingeniería.

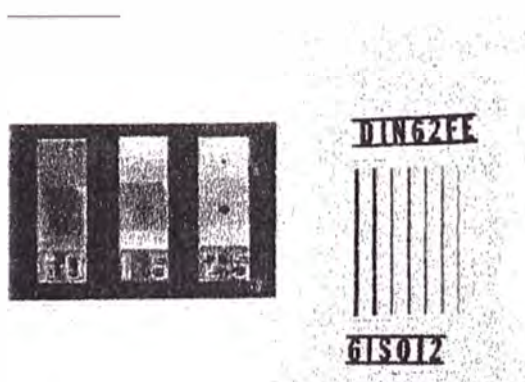


Fig. 2.18

Indicadores de Calidad de Imagen (penetrámetros) Tipo cuña y Alambre.

El equipo requerido para realizar los ensayos radiográficos comienza con una fuente de radiación; esta fuente puede ser tanto una máquina de rayos X, que requiere una alimentación eléctrica, o un isótopo radioactivo que produce radiación gamma. Los isótopos ofrecen frecuentemente facilidad para su transporte. Cualquiera de los tipos de radiación requieren películas, porta películas hermético a la luz, y se usan letras de plomo para identificar

el objeto de ensayo. Debido a la alta densidad del plomo, y el espesor incrementado en forma local, estas letras forman áreas claras en la película revelada. Los Indicadores de Calidad de Imagen (ICI (IQI)), o penetrámetros ('pennys') se usan para verificar la resolución de sensibilidad del ensayo. Estos ICI (IQI) normalmente son de dos tipos; 'cuñas' o 'alambre'. Ambos tipos están especificados por tipo de material; además, los de tipo cuña tendrán espesor especificado e incluyen agujeros de distinto tamaño, mientras que los alambres tendrán diámetros especificados. La sensibilidad se verifica por la habilidad de detectar una diferencia dada en densidad debido al espesor del ICI (IQI) o el diámetro del agujero, o el diámetro del alambre. La Figura 2.18 muestra ambos tipos de ICI (IQI) o penetrámetros; la Figura 2.19 muestra la ubicación de los ICI (IQI) tipo cuña en una chapa soldada previa a la radiografía.

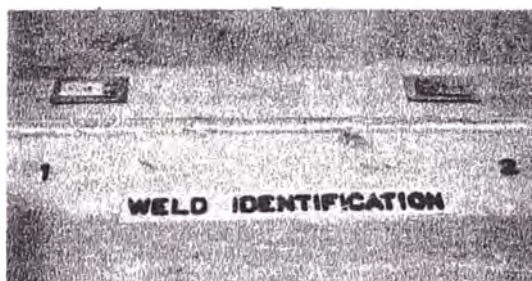


Fig. 2.19

Ubicación de los ICI (IQI)

Los ICI (IQI) de cuña varían en espesor y en diámetro de los agujeros dependiendo del espesor del metal que se está radiografiando. La Figura 2.20 muestra los aspectos esenciales de un ICI (IQI) #25 usado por el código ASME; en la figura se nota su espesor y la dimensión de los agujeros. Aquí el espesor del ICI (IQI) es de 0.025 in., de aquí la designación #25, para un espesor de cuña en milésimos de pulgada (un #10 tiene un espesor de 0.010, un #50 tiene 0.050 in. de espesor, etc.). Los diámetros y posiciones se especifican, y se marcan en como múltiplos del

espesor individual de la cuña. El mayor agujero en una cuña #25 es 0.100 in., y se llama agujero 4T, debido a que es igual a cuatro veces el espesor de la cuña, y se ubica más cerca del número de plomo del ICI (IQI). Un agujero '2T' (0.050 in.) se posiciona como el más lejano al número de plomo 25, y es igual a dos veces el espesor de la cuña. El agujero más pequeño que 4T y 2T es un agujero '1T' y es exactamente igual al espesor de la cuña, 0.025 in. Dichos agujeros se usan para verificar la sensibilidad de resolución, que normalmente se especifica como un 2% del espesor de la soldadura. Sin embargo, también se puede especificar una sensibilidad del 1%, pero es más difícil de obtener.

Se requiere un equipo de procesamiento para revelar la película expuesta y es mejor un negatoscopio con iluminación de alta intensidad para una mejor interpretación de la película. Debido a los peligros potenciales de la exposición a la radiación para las personas, normalmente se requiere un equipo de monitoreo de la radiación.

La mayor ventaja de este método de ensayo es que puede detectar discontinuidades por debajo de la superficie en todos los metales comunes de la ingeniería. Una ventaja posterior es que las películas reveladas sirven como un registro permanente excelente del ensayo, si se almacena apropiadamente lejos de un calor y luz excesivos.

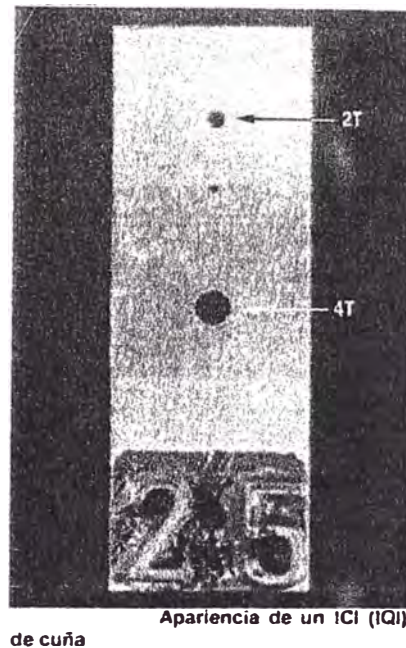


Fig. 2.20

Junto con estas ventajas hay varias desventajas. Una de ellas es el riesgo impuesto a las personas por una exposición excesiva a la radiación. Se requieren muchas horas de entrenamiento en seguridad sobre radiación para garantizar la seguridad tanto del personal que realiza el ensayo radiográfico como de otro personal en la vecindad del ensayo. Por esta razón, el ensayo se debe realizar sólo después que se evacuó el área de ensayo, que puede presentar problemas de cronograma. Los equipos de ensayos radiográficos pueden ser muy caros y los períodos de entrenamiento requeridos para

lograr operadores e intérpretes competentes son algo largos. La interpretación de películas debe realizarse por aquellos certificados actualmente como mínimo con Nivel II por SNT TC-1A de ASNT. Otra limitación de este método de ensayo es la necesidad de tener acceso a ambos lados del objeto de ensayo (un lado para la fuente y el opuesto para la película), que se muestra en la Figura 2.21.

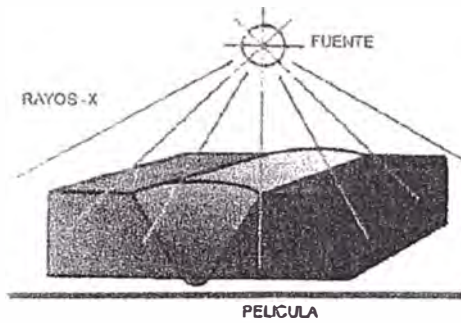


Fig. 2.21

Orientación de la Fuente de Radiación, Chapa de Ensayo y Película Radiográfica

Otra desventaja del ensayo radiográfico es que puede no detectar las fallas que están consideradas como más críticas (e.g. fisuras y falta de fusión) salvo que la fuente de radiación esté orientada preferentemente con respecto a la dirección de la discontinuidad. Además, las configuraciones de algunos objetos de ensayo (e.g. soldadura de componentes secundarios o de filete) pueden hacer tanto la realización como la interpretación del ensayo más difícil. Sin embargo, el personal de ensayo con experiencia puede obtener radiografías de estas geometrías más complicadas e interpretarlas con alto grado de precisión.

2.10 SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD

Es un sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad.

La dirección y control, en lo relativo a la calidad, generalmente incluye el establecimiento de la política de la calidad y los objetivos de calidad, la planificación de la calidad, el control de la calidad, el aseguramiento de la calidad y la mejora de la calidad.

Política de la calidad: Intenciones globales y orientación de una organización relativas a la calidad tal como se expresan formalmente por la alta dirección.

Generalmente la política de la calidad es coherente con la política global de la organización y proporciona un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de la calidad.

Objetivo de la calidad: Algo ambicionado, o pretendido, relacionado con la calidad.

Planificación de la calidad: Parte de la gestión de la calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad.

Control de Calidad: Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.

Aseguramiento de la calidad: Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.

Mejora de la Calidad: Parte de la gestión de la calidad orientada a aumentar la capacidad de cumplir con los requisitos de la calidad. Los requisitos pueden estar relacionados con cualquier aspecto tal como la eficacia, la eficiencia la trazabilidad.

Nota: Trazabilidad es la capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que está bajo consideración. Al considerar un producto, la trazabilidad puede estar relacionada con el origen de los materiales y las partes, la historia del procesamiento, la distribución y localización del producto después de su entrega.

2.10.1 EVOLUCION DE LA CALIDAD EN EL TIEMPO

A lo largo de la historia, la metodología de elaborar los bienes y el concepto de calidad han ido evolucionando de una forma paralela. En la siguiente tabla se recoge un resumen de la evolución del concepto de calidad en el tiempo.

Calidad: Evolución

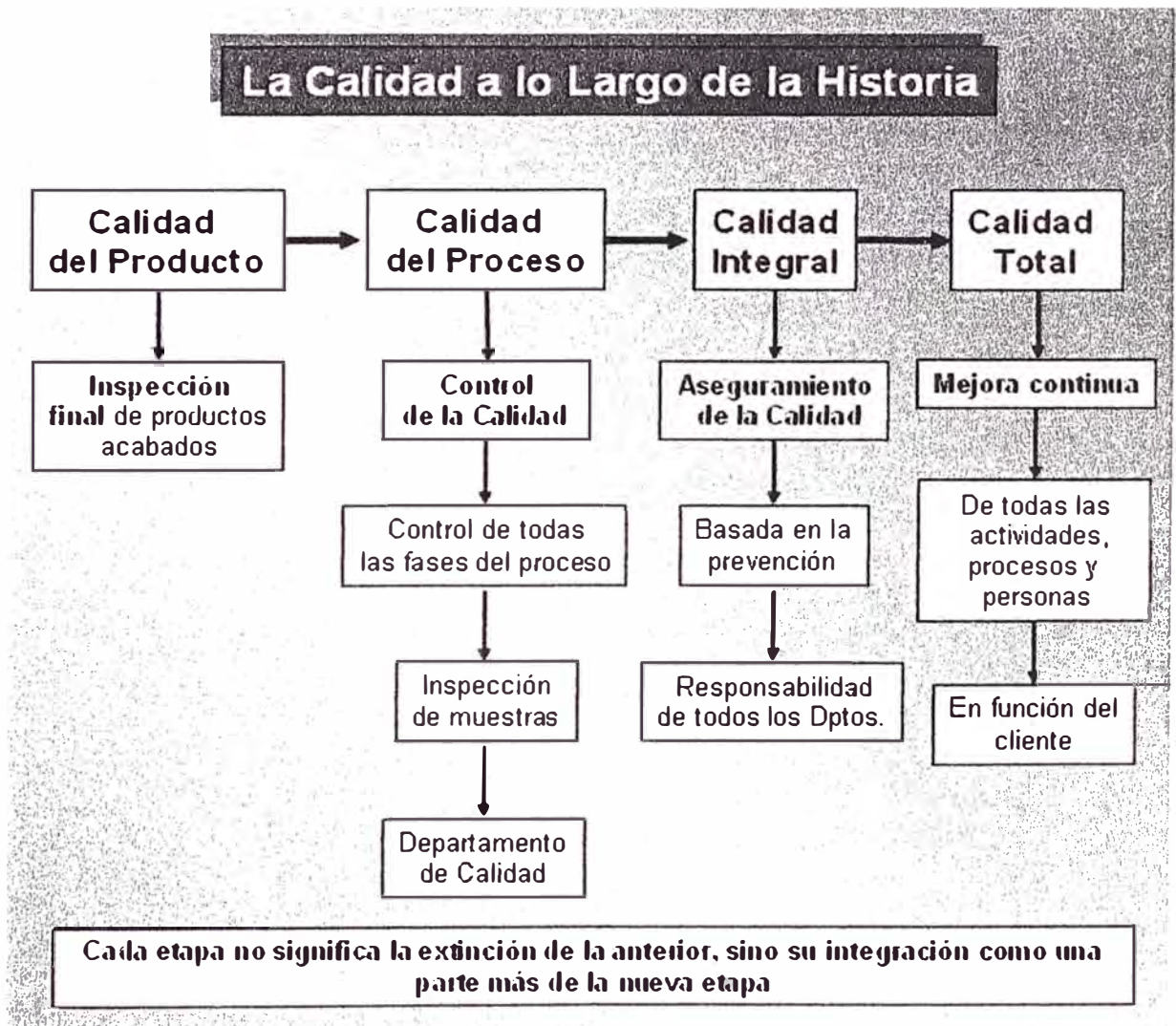


Fig. 2.22

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 INCIDENTES PRODUCIDAS EN GASODUCTOS

A continuación se presenta los incidentes ocurridos en EE.UU. en la industria del transporte por tubería.

Las estadísticas obtenidas a partir de las exigencias mínimas de información sobre incidentes en sistemas de gasoductos indican lo siguiente: el transporte de mercancías y productos por tubería es con mucho el medio de transporte más seguro que existe hoy día; más del 50% de los incidentes de fallos en las tuberías son debidos a actividades de excavación, seguidos a continuación por corrosión interior y exterior.

Para las tuberías de transporte y recolección de gas natural encontraremos para un periodo de diez años que:

| Año | Nº de incidentes | Muertes | Heridos | Daños materiales |
|--------|------------------|---------|---------|------------------|
| 86 | 83 | 6 | 20 | 11166262 |
| 87 | 70 | 0 | 15 | 4720466 |
| 88 | 89 | 2 | 11 | 9316078 |
| 89 | 102 | 22 | 28 | 20374543 |
| 90 | 89 | 0 | 17 | 11302316 |
| 91 | 71 | 0 | 12 | 11931238 |
| 92 | 74 | 3 | 15 | 24578165 |
| 93 | 96 | 1 | 18 | 23035268 |
| 94 | 80 | 0 | 19 | 45170293 |
| 95 | 64 | 2 | 10 | 9957750 |
| Total | 818 | 36 | 165 | 171552378 |
| Medias | 82 | 4 | 17 | 17155238 |

Tabla. 3.1

El resumen de incidentes por causa para las tuberías de transporte y recolección de gas correspondiente a 1995 se corresponde bastante con los años anteriores, siendo la principal causa de los daños las fuerzas externas, con un 42%.

| Causa | Nº de incidentes | % del total | Daños materiales | % del total | Muertes | Heridos |
|--------------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|---------|---------|
| Corrosión interna | 5 | 7.81 | 289500 | 2.91 | 0 | 1 |
| Corrosión externa | 4 | 6.25 | 1750 | 0 | 0 | 2 |
| Daños debidos a fuerzas del exterior | 27 | 42.19 | 4435250 | 44.54 | 0 | 2 |
| Error de construcción | 13 | 20.31 | 2498000 | 25.09 | 0 | 2 |
| Otros | 15 | 23.44 | 985000 | 9.89 | 2 | 5 |
| Total | 64 | | 9957750 | | 2 | 5 |

Tabla. 3.2

3.2 FALLAS PRODUCIDAS EN EL PROYECTO CAMISEA

A lo largo del desarrollo del proyecto Camisea hasta la actualidad sea producido seis fallas en los ductos de transporte del gas los cuales han sido motivo de reclamo he investigación a continuación se describen las fallas producidas según los informes de Osinergmin sobre fallas ocurridas en el ducto:

3.2.1 Análisis de la primera falla

FECHA: 22 de diciembre del 2004

LUGAR: K.P. 8 + 800 Asentamiento Rural Túpac Amaru, Malvinas, La Convención, Cusco

DESCRIPCION DE LA FALLA

El ducto de transporte de líquidos de gas natural, de 14 pulgadas de diámetro, sufrió una rajadura en la parte inferior.

Se determinó que la falla se produjo por la acción de fuerzas externas originadas por el desplazamiento del terreno.

El volumen derramado se calcula en 1151 barriles, estimándose que el 37% se evaporó, por lo tanto, el volumen de líquidos de gas natural que drenó al suelo y cuerpos hídricos se estima en 723 barriles.

El derrame del hidrocarburo, ingreso a la quebrada de Kemariato, afluente del río Urubamba con un ancho promedio de 4 m y una longitud de 900 m y luego al Río Urubamba, el volumen aproximado de tierra contaminada con hidrocarburos es de 300 m³.

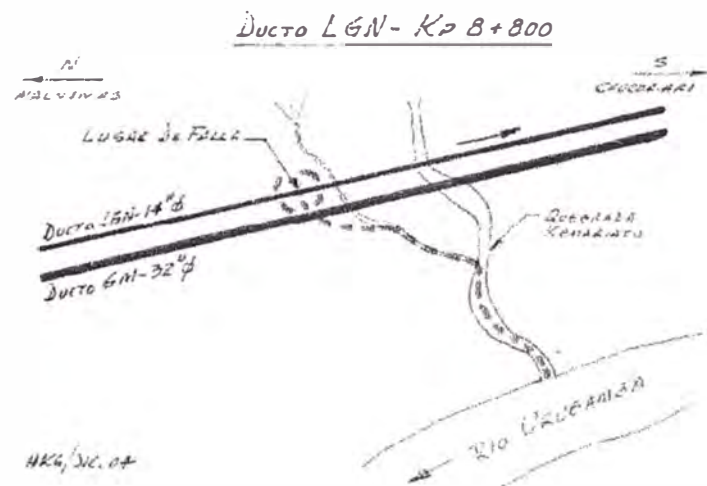
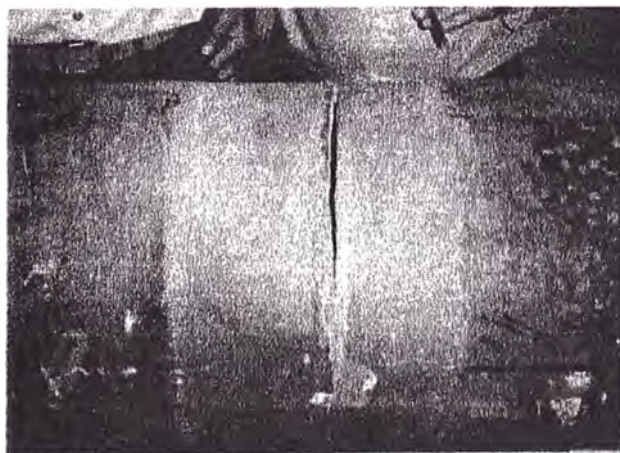


Fig. 3.1 Ubicación de la 1ra Falla Ocurrida el 22 de Diciembre del 2004



Porción de la Tubería donde se muestra la rajadura.

Fig. 3.2 Rajadura de la tubería en la parte inferior

3.2.2 ANÁLISIS DE LA SEGUNDA FALLA

FECHA: 29 de agosto del 2005

LUGAR: K.P. 222+500 Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac

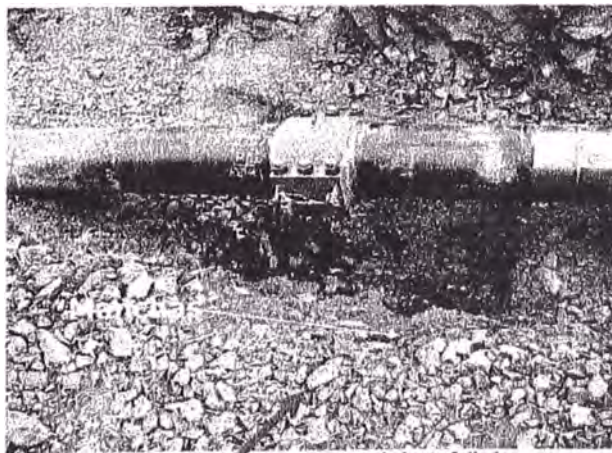
DESCRIPCION DE LA FALLA

Fuga por goteo en el ducto de transporte de líquidos de gas natural, de 14 pulgadas de diámetro.

Se determinó que la falla se produjo por fuga por una fisura en la unión soldada N° 204/65T. El volumen derramado por el goteo se calcula en 15.5 barriles. Las zonas afectadas fueron bofedales y napa freática del entorno.

El suelo contaminado fue aproximadamente 30 m³. Para la reparación de la falla se instaló una grampa PLIDCO en forma temporal y posteriormente se reemplazó el tramo fallado.

Se determinó en la conclusión del informe que la causa de la falla se originó por un defecto constructivo al incumplirse las normas técnicas del procedimiento aprobado de soldadura en la junta N° 204/65T, al haberse determinado una fisura en dicha junta, que ocasionó el goteo del líquido de gas natural.



Manchas para reparar la junta fallada

Fig. 3.3 Reparación de junta fallada

3.2.3 ANÁLISIS DE LA TERCERA FALLA

FECHA: 16 de setiembre del 2005

LUGAR: K.P. 200+700 Toccate, Anco, La Mar, Ayacucho

DESCRIPCION DE LA FALLA

El ducto de transporte de líquidos de gas natural, de 14 pulgadas de diámetro, sufrió una ruptura transversal total que lo separó 18 cm.

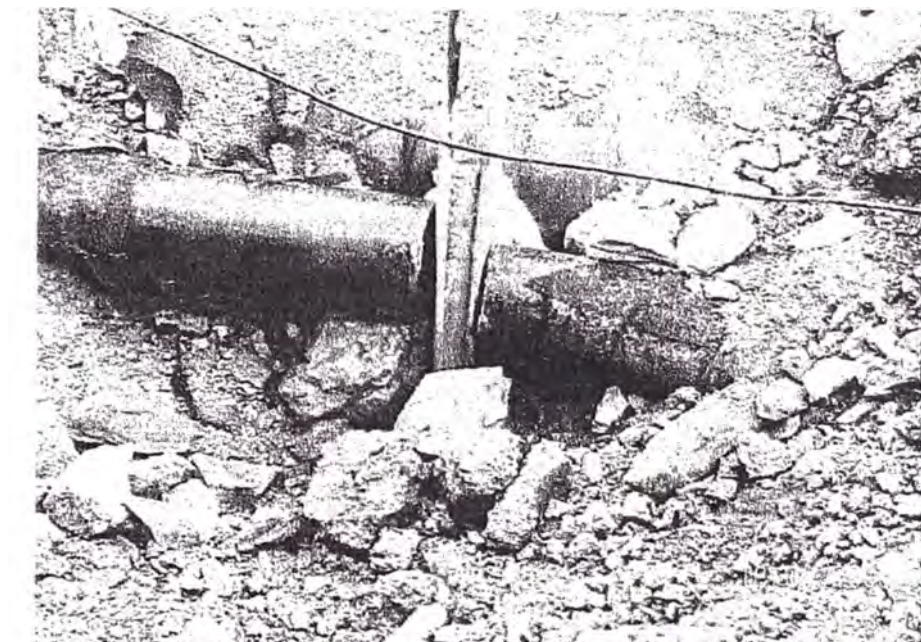
Se determinó que se produjo como consecuencia de la acción de fuerzas externas originadas por el desplazamiento y hundimiento del terreno, que afectaron al ducto. El volumen derramado se calcula en 4,000 barriles; considerando que el 37% se evaporó y descontado el volumen de líquidos de gas natural que drenó al suelo, se estima que llegó a los cuerpos hídricos un volumen de aproximadamente 1,000 barriles.

El río afectado fue el Chunchubamba. El derrame por la ladera donde discurrió al río, atravesado aproximadamente 300 m, y adicionalmente las riberas del río Chunchubamba, que tienen una longitud aproximadamente de 25 km hasta la desembocadura en el río Apurímac.

Las medidas correctivas que se iniciaron fueron:

- TGP instaló dos By pass de 6" temporales para restablecer el servicio de transporte de GN y LGN.
- Para la reparación definitiva TGP modificó la traza de los ductos, construyendo un túnel de 750 metros. La nueva traza entro en servicio el 26 de noviembre de 2006.
- TGP mientras ejecuta la construcción del túnel, implementó un sistema de alerta temprana, que incluyó el monitoreo permanente del

desplazamiento de la banca y la dirección del viento, para la activación del plan de contingencia para atender una eventual emergencia.



Vista del ducto de 14 pulg. de LGN fallado en KP 200+700, nótese la separación de 18 cm. entre los extremos del ducto.

Fig. 3.4 Vista del ducto fallado

3.2.4 ANÁLISIS DE LA CUARTA FALLA

FECHA: 24 de noviembre del 2005

LUGAR: K.P. 50+900 Sector Vilcabamba, Echarate, Cusco

DESCRIPCION DE LA FALLA

El ducto de transporte de líquidos de gas natural, de 14 pulgadas de diámetro, sufrió una ruptura en el lugar denominado Quebrada Chirumbia. El río Tshirompia (o Chirumbia), es tributario del río Paratori y éste a su vez del Picha que desemboca en el río Urubamba a la altura de la Comunidad de Kirigueti, a 115 Km del

punto de la fuga. El ducto en este cruce de río sufrió un impacto durante la etapa constructiva que posteriormente se convirtió en una fisura durante la operación. De acuerdo a la disposición de las válvulas y del perfil hidráulico de la zona donde ocurrió la falla, el volumen derramado sería de 4,631 barriles de líquidos, habiéndose evaporado una parte y se estima que se han vertido al río Tshirompia (o Chirumbia) aproximadamente 2,016 barriles.



Tramo del ducto fallado, se observa el impacto recibido

Fig. 3.5 Vista del ducto fallado por impacto recibido

3.2.5 ANÁLISIS DE LA QUINTA FALLA

FECHA: 04 de marzo del 2006

LUGAR: K.P. 125+950 Sector Kepashiato, Centro Poblado Menor, la
Convención, Cusco

DESCRIPCION DE LA FALLA

Fuga del hidrocarburo líquido por una rotura del ducto de transporte de líquidos de gas natural, de 14 pulgadas de diámetro, y posterior incendio en las inmediaciones del punto de la falla. Se determinó que

se produjo como consecuencia de las fuerzas externas originadas por el desplazamiento del terreno.

De acuerdo a la disposición de las válvulas y del perfil hidráulico de la zona donde ocurrió la falla, el volumen derramado sería de 4,200 barriles de líquidos, habiéndose evaporado una pequeña porción y el mayor volumen se consumió durante el incendio producido en las inmediaciones de la zona de la falla.

Debido al derrame y posterior incendio se estima que el área afectada fue de 31,416 m², aproximadamente (200 m de diámetro) y adicionalmente, un área de 4,000 m², ubicado aguas arriba del punto de la rotura del ducto.

Las conclusiones de la investigación determino que el ducto sufrió una ruptura transversal que lo separó 15 cm, como consecuencia de fuerzas externas originadas por el desplazamiento del terreno en la zona del Kp 126 en Kepashiato.



Cráter dejado por la explosión al momento de la rotura del ducto

Fig. 3.6 Vista de la zona donde fallo el ducto



Vista de la rotura del ducto en el KP 126 Kepashiato

Fig. 3.7 Vista de la zona donde fallo el ducto

3.2.6 ANÁLISIS DE LA SEXTA FALLA

FECHA: 02 de abril del 2007, a las 12:00 horas

LUGAR: KP 125+487 Kepashiato, Centro Poblado Menor, distrito de
Echarate, provincia La Convención, departamento Cusco

DESCRIPCION DE LA FALLA

La falla ocurrió en el ducto de Líquidos de Gas Natural, cuyo diámetro en el lugar es de 14" y cuya presión de operación es de 150 bar.

El Ducto en la zona de incidente corresponde a un tramo curvado el cual presenta un doblez.

Las causas que han originado la falla son motivo de investigación.



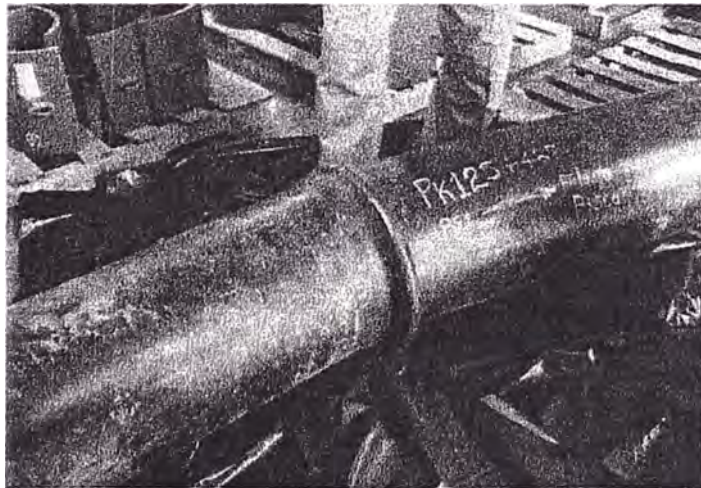
Vista del tramo fallado, nótese el pliegue formado.

Fig. 3.8 Vista de la zona donde fallo el ducto



Vista del tramo fallado

Fig. 3.9 Vista de la zona donde fallo el ducto



Vista del pliegue en tramo fallado

Fig. 3.10 Vista del tramo fallo del ducto

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROBLEMA

4.1 ETAPA DE SOLDADURA

4.1.1 Personal, Equipos e Instrumentos

A continuación se indica el personal y equipos que son necesarios para la etapa de soldadura:

- a. **Mano de Obra:**
- Encargado de Fase.
 - Inspector HSE.
 - Inspector de Soldadura Nivel II.
 - Inspector de Soldadura Nivel I.
 - Soldador Calificado.
 - Operador de Equipo pesado.
 - Chofer Vehículo de Apoyo.
 - Acoplador.
 - Amolador.
 - Ayudantes generales.
- b. **Equipos:**
- Side Boom.
 - Excavadora.

- Tractor oruga.
- Tractor agrícola.
- Camioneta 4x4.
- Máquina de soldar.
- Alimentadores de alambre semiautomáticos
- Grupo generador.
- Trineo.
- Acopladora externa.
- Amoladora.
- Equipo de corte.
- Biseladora.

c. Equipos de Inspección, Medición y Ensayos:

- Calibre de Soldadura (FBTS) o similar
- Termómetro Láser
- Pinza Amperimétrica

4.1.2 INSPECCIONES EN EL PROCESO DE SOLDADURA

4.1.2.1 Inspección antes de la soldadura

- i. Recepción de electrodos, varillas y alambre tubular en campo.
- ✓ Todos los consumibles pedidos al almacenero, solo deben ser retirados después de la liberación de los mismos por el Control de Calidad.
 - ✓ Debe ser verificado el diámetro, clasificación de la consumible y posible existencia de defectos en el revestimiento tales como:

reducción localizada de espesor, fisuras, daños en los extremos, falta de adherencia, señales de oxidación del alma, bien como deficiencia dimensional de longitud y excentricidad, además de los límites de la especificación.

ii. Almacenamiento de consumibles en campo

- ✓ Los electrodos celulósicos no serán almacenados en hornos, más bien serán mantenidos en un lugar seco.
- ✓ Los consumibles deben ser almacenados en pie con las puntas de agarre para abajo y manipulados de modo de evitar daños a los mismos y en los embalajes en los cuales fueran expedidos.
- ✓ Se deberá tener especial cuidado en el almacenamiento y manejo de electrodos con bajo contenido de hidrógeno, de acuerdo a lo establecido a continuación:
 - a) Almacenamiento: Los electrodos con bajo contenido de hidrógeno deberán ser permanentemente almacenados en un horno a 120 °C (250 °F) de temperatura mínima. El horno estará provisto de un termómetro y un termostato para medir y controlar la temperatura.
 - b) Exposición (sólo para electrodos de bajo contenido de hidrógeno): Después de ser retirado del horno de almacenamiento, el electrodo no puede ser expuesto a la atmósfera por más de cuatro horas. La exposición podría extenderse a ocho horas si los electrodos son almacenados continuamente en un horno portátil para electrodos calentado de 93 °C a 121 °C. Los soldadores serán provistos con una cantidad de electrodos, los cuales podrán ser usados dentro de las 4

horas u 8 horas, dependiendo de la disponibilidad de los hornos portátiles.

En caso que el electrodo hubiera estado expuesto demasiado tiempo a la intemperie, deberá ser resecado a una temperatura de 300 °C durante 2 horas.

En el campo, el supervisor de control de calidad será responsable por la entrega de los electrodos a los soldadores. El restringirá la provisión de electrodos con bajo contenido de hidrógeno a la mínima cantidad requerida, los cuales deberán ser usados dentro de las 8 horas.

iii. Alambre de tubular

- ✓ Mantener en los recipientes originales y totalmente tapados en un sitio seco.
- ✓ Se mantendrá a una temperatura promedio de 25°C evitando el eliminar exceso de humedad.
- ✓ En el anexo 3 se presenta la certificación de este material.
- ✓ Retirar al final de cada día el restante de los carretes de alambre y almacenar en el respectivo recipiente.
- ✓ Las puntas de alambre deberán ser protegidas con masquitape al fin de la tarde y antes de iniciar la actividad se cortará un tramo de 25 cm.

iv. Especificación de procedimiento de soldadura

- ✓ Se calificarán Especificaciones de Procedimiento de Soldadura de acuerdo con las características técnicas del Metal base y metal de

aporte para una tubería de \varnothing 24" con espesores de 0.812", considerando las normas técnicas ASMEB31.8 y API 1104.

- ✓ Se anexa los certificados de conformidad del tipo de consumibles a utilizar de acuerdo al WPS.
- ✓ Verificar el procedimiento de soldadura ver anexo

v. Calificación de soldadores

- ✓ Todos los soldadores serán calificados de acuerdo con los requisitos exigidos en la Norma API1104.
- ✓ Verificar la relación de soldadores aprobados (ver anexo).
- ✓ Será dado un número secuencial o cuño a cada soldador que realizará la prueba de calificación. Ejemplo: WC-01, WC-02etc. todos deberán tener en sus máscaras su número o cuño pintado con tinta indeleble.
- ✓ Los soldadores que fueran calificados para ejecutar reparos, tendrán aumento en su identificación o cuño de la letra R.
- ✓ En caso de retiro de un soldador, su número o cuño no será utilizado por otro soldador.

vi. Preparación de los Biseles

- ✓ Los biseles de las juntas a ser soldadas serán preparados de acuerdo a las tolerancias previstas en la Especificaciones del Procedimiento de Soldadura – WPS (anexo)
- ✓ Angulo del bisel podrá variar entre 30° y 35°.
- ✓ Talón de bisel podrá variar entre 0,8 a 2,4 mm.

- ✓ La abertura de la raíz (GAP) podrá variar entre 0,8 a 2,4 mm, quedando normalmente con 1,6 mm.
- ✓ En caso de rehacer el bisel, será utilizada biseladora después del corte las rebabas e irregularidades serán removidas con esmeriladora, disco de amolar y cepillo de acero rotativo.
- ✓ En el reconformado del bisel será utilizado un plato para verificar la planicidad del bisel y/o escuadra, posesionado en por lo menos dos cuadrantes del tubo desfasados en 90°, con el fin de verificar la ortogonalidad del mismo.
- ✓ Se verificara los ángulos del bisel con la galga adecuada antes de ser presentado a la ejecución.
- ✓ Criterios de Inspección para Defecto en Bisel
 - a) Defectos iguales o inferiores a 2 mm, de profundidad serán aprobados.
 - b) Para defectos con profundidad superior a 2 mm, habrá el rechazo del bisel.

vii. Discontinuidad en el material base

- ✓ Discontinuidades con profundidad arriba de 12.5% del espesor de pared del tubo serán consideradas como defecto y descartadas a través del corte de la región afectada.
- ✓ Previo al acoplamiento de los tubos, en sus extremos no revestidos, deberán ser inspeccionados internamente verificándose discontinuidades tales como: defectos de laminación, abolladuras y otras discontinuidades superficiales.

- ✓ Para la validación de la región afectada, se debe esmerilar la discontinuidad hasta eliminarla y ejecutar la medición del espesor.

viii. Acoplamiento de tubos

- ✓ Los extremos del tubo estarán limpios internamente y externamente en una faja de aproximadamente 50 mm, a partir de los extremos del tubo, utilizando amoladora con cepillos de acero rotativo.
- ✓ Deberá removerse la humedad de la junta utilizando soplete.
- ✓ Para el montaje de los tubos curvados serán verificados: la posición, el sentido de montaje, giro, la marcación de la generatriz superior del tubo; conforme la planilla de Curvado – Desfile - Montaje.
- ✓ Los cordones longitudinales del metal base deberán estar preferencialmente en el cuadrante superior.
- ✓ Entre los cordones longitudinales debe existir una separación mínima de 2" (50,00 mm)
- ✓ Durante el acoplamiento, con el objetivo de ajustar la junta a ser soldada, se podrá utilizar el martillo.
- ✓ En las fases de Tie-Ins, los extremos de los tubos serán inspeccionados internamente para la verificación y retiro de los residuos y /o impurezas que podrán perjudicar el pase del "PIG" y /o la soldadura.
- ✓ El desalineamiento máximo será de 1.6 mm.
- ✓ Caso exista variación dimensional (ovalización, diferencia de espesor nominal, diámetro o procesos de fabricación) será distribuida en el máximo desalineamiento permitido.

- ✓ En el apoyo de las lingadas será utilizados polines protegidos por bolsas con tierra o bolsas con tierra, para no dañar el revestimiento de los tubos.
- ✓ La alineación de las lingadas será verificada a fin de evitar deformación angular de las juntas soldadas.
- ✓ Las acopladoras externas no serán retiradas antes de la realización de por lo menos 50% del primer pase de la soldadura y que este sea distribuido uniformemente en toda la circunferencia
 - a) No será permitido el movimiento de la tubería antes de la ejecución integral del 1er pase de soldadura ni después del esmerilado de este pase. En este caso, será concluida la ejecución del 2do pase para permitir su movimiento.
 - b) No será permitido el movimiento de la tubería antes de la ejecución del 3er pase de la soldadura cuando la soldadura esté sometida a tensiones elevadas (Tie-Ins, tubos con hormigón, apoyos falsos).

4.1.2.2 Inspección durante la soldadura

- ✓ La aplicación de un procedimiento de soldadura estará autorizada, con la presentación de los siguientes documentos aprobados por el Control de la Calidad y el Cliente:
 - ◆ Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS).
 - ◆ Calificación del Procedimiento de Soldadura (PQR).
 - ◆ Registro de Soldador Calificado.

◆ **Relación de Soldadores Calificados.**

Nota: (ver anexo)

- ✓ Las juntas serán limpiadas en una faja de 50 mm en cada lado de la región de la soldadura (externamente), utilizándose cepillo rotativo y deberán quedar libres de oxidación, polvo, residuos de pintura y en el caso de grasa o aceite deberá ser usado solvente adecuado.
- ✓ Para la limpieza interior del tubo se procederá de la siguiente manera: Adosado a un chanco de limpieza (PIG) y en la parte posterior se colocara la placa calibradora correspondiente para cada diámetro del tubo y de acuerdo a la Tabla II
- ✓ Una vez terminada el primer pase se jalara la barra para hacer pasar todo el dispositivo a través de la junta que se deja a una distancia de 0.4 – 1.0 mt de la junta siguiente.
- ✓ Se verifica el diámetro de la placa calibradora cada vez que se deje un empalme (200-300 mt aproximadamente). También será inspeccionado cuando el recubrimiento del chanco pierda efectividad y se tenga que reforzar dicho recubrimiento.
- ✓ La masa a tierra será diseñada de tal forma que sólo tenga contacto con el bisel interior o sobre los cordones de soldadura.
- ✓ Antes de comenzar la soldadura deberán precalentarse los biseles a una temperatura de 120°C y en una extensión mínima de 50 mm a cada lado del eje de la junta.

- ✓ En cada pase de soldadura se deberá limpiar las impurezas de escorias, salpicaduras u otra materia extraña antes de comenzar con el siguiente pase.
- ✓ Los pases de soldadura deben ser iniciados en lugares diferentes en relación a los anteriores y el inicio de un pase debe sobreponer al final del pase anterior.
- ✓ El segundo pase o pase caliente será realizada tan pronto como sea posible después de completada la soldadura de raíz. Para soldaduras descendentes, el segundo pase deberá realizarse dentro de los 5 minutos de completada la soldadura de raíz.
- ✓ Para todas las soldaduras de ductos al tiempo el tiempo para la realización del segundo pase o pase en caliente, no deberá exceder el tiempo indicado en el procedimiento de soldadura correspondiente, referencia API 1104.
- ✓ El bisel deberá estar al menos un 50% soldado antes de que la soldadura sea interrumpida. Si la interrupción es inevitable, la soldadura deberá ser envuelta con mantas y precalentada a 120 °C al reiniciar la misma.
- ✓ Para asegurar que la temperatura no exceda los 250 °C (482 °F) durante la soldadura, deberá ser controlada mediante un termómetro láser, en las primeras 3 pulgadas del área de recubrimiento a cada lado de la soldadura.
- ✓ Colocar manta de aislamiento en las juntas soldadas cuando existan precipitaciones pluviométricas y controlar el enfriamiento de la junta.

- ✓ Se utilizarán carpas para proteger la junta que están soldando, cuando existan condiciones climáticas variables (lluvia).
- ✓ Cuando la soldadura circunferencial fuera reprobada en una junta previamente reparada, debe ser seccionado un anillo de ambos lados, cuyo corte esté mínimo a 50 mm de distancia del eje de la soldadura.
- ✓ Las juntas soldadas con niples deberán estar en buen estado y con una longitud mínima de 1 metro.
- ✓ Las reparaciones de soldadura deben ser ejecutadas utilizando la correspondiente WPS para Reparación. Todas las reparaciones deberán ser registradas en el reporte diario de soldadura.

4.1.2.3 Inspección después de la soldadura

- ✓ Las juntas serán inspeccionadas al 100%, después de completada la soldadura.
- ✓ No podrá tener abertura de arco fuera del chaflán.
- ✓ Las hendiduras metalúrgicas causadas por quemaduras de arco, deberán ser limpiadas mediante amolado, previendo que el amolado no reduzca el espesor remanente a menos de 2 mm.
- ✓ En caso de ser mayor deberá cortarse el tramo.
- ✓ Para verificar si la hendidura ha sido totalmente removida se aplicará una solución de persulfato de amonio a la misma, si se forma una mancha negra es señal que la hendidura no ha sido totalmente removida.

- ✓ La altura de la capa no será mayor que 1/16" (1.6mm).
- ✓ La anchura de la soldadura de tope después de su conclusión no debe ser mayor que 1/8" (3.2 mm) de su anchura original.
- ✓ Longitud total acumulada de indicaciones de EU o IU, en cualquier combinación en una longitud continua de 300 mm (12 pulgadas) de soldadura exceda las 50 mm (2 pulgadas).
- ✓ La longitud total acumulada de EU y IU, en cualquier combinación, excede 1/16 de la longitud soldada. Profundidad >0.016 in. (0.4 mm) pero ≤ 0.031in. (0.8 mm) o >6% pero ≤ 1.25% de la pared del tubo, cualquiera que resulte menor.
- ✓ La aprobación de la junta será señalada a 1 (un) metro de la soldadura con la indicación del Inspector de Soldadura con la siguiente identificación: Prueba Visual Aprobado (V / AP)
- ✓ Al final del proceso de soldeo se realizara la identificación de la junta soldada la cual será ejecutada a una distancia de 1m después de la misma, de acuerdo a lo establecido en el procedimiento de Identificación y Trazabilidad de la Tubería.
- ✓ Los extremos de las lingadas deben ser tapados al final de cada día de trabajo, para evitar la entrada de animales, agua, lodo u objetos extraños. Las lingadas serán cerradas con tapas colocadas a presión (externamente o internamente), puntos de soldadura no serán permitidos.
- ✓ Se realizara Prueba de Radiografía en 100% de las juntas ejecutadas.

- ✓ Las Radiografías serán ejecutadas de acuerdo con el Procedimiento de Radiografía y deben cumplir los requisitos de la Norma API-1104 - Sección 9.
- ✓ El equipo de radiografía marcará en las juntas el resultado de las mismas (AP o RP) señalando el tipo de defecto y su localización exacta.
- ✓ El Departamento de Control de Calidad acompañará el desempeño de cada soldador, para eso, será mantenido y actualizado el "Control de Desempeño de Soldadores".
- ✓ Los soldadores que presenten índices de reparación superior al 12.5% ó si durante 6 (seis) meses no ejecutaran soldaduras inspeccionadas por radiografía, deberán ser sometidos a reentrenamiento y recalificación.
- ✓ A cada lote semanal de radiografías por soldador ó en cuanto se detecte un error repetitivo del mismo soldador, será ejecutada una evaluación del porcentaje de reparación conforme al ítem anterior.
- ✓ Caso el soldador exceda el índice máximo permitido de reparos, será realizada una comunicación para el Inspector de Soldadura y este solicitará junto a la producción el retiro del mismo.

4.2 IDENTIFICACION DE TUBOS Y JUNTAS SOLDADAS

4.2.1. Identificación de los Tubos

- Los tubos desfilados en la línea serán identificados por cada Km y secuencia numérica por cada Km en la forma 00/00. Esta codificación

se realiza en la etapa de doblado según la planilla de curvado que genera ingeniería.

Ejm: Si se tienen los tubos consecutivos KM09/87, KM10/01, KM10/02, KM10/03, KM10/04, etc.

El tubo de la grafica será el tubo número 03 del kilometro 10.

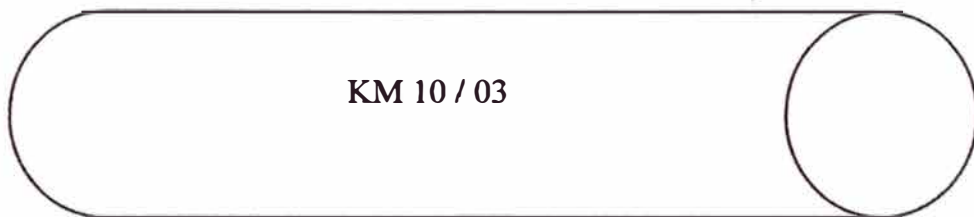


Fig. 4.1

- En la necesidad de incluirse 01 (un) niple o tubo para ajuste de montaje, marcaremos el mismo número de la secuencia anterior más una letra mayúscula "A", "B", etc.

Ejm: KM 10/8, KM 10/8A, KM 10/8B, KM 10/9, KM 10/10,...

4.2.2. Identificación de Juntas soldadas

- La numeración de las soldaduras de la línea seguirá la secuencia de numeración de los tubos en cada uno, siendo que la soldadura entre dos tubos originará una junta, donde constara el Numero de tubo, longitud, N° de la junta y Cuño (Estampa) de los soldadores.

Ejemplo: El N° de juntas para soldadura de unión entre los tubos 07, 08 y 09 del Km 10, serian J08 Y J09 respectivamente.

| Tubos (Número de fabrica) | KM/Tubo fijado por contratista | KM | Tubos (Numeración secuencial de campo) | Número de Junta |
|---------------------------------|--------------------------------------|----|---|--------------------|
| 45180 | 10/07 | 10 | 07 | 08 |
| 45181 | 10/08 | | 08 | |
| 45181 | 10/08 | 10 | 08 | 09 |
| 45182 | 10/09 | | 09 | |

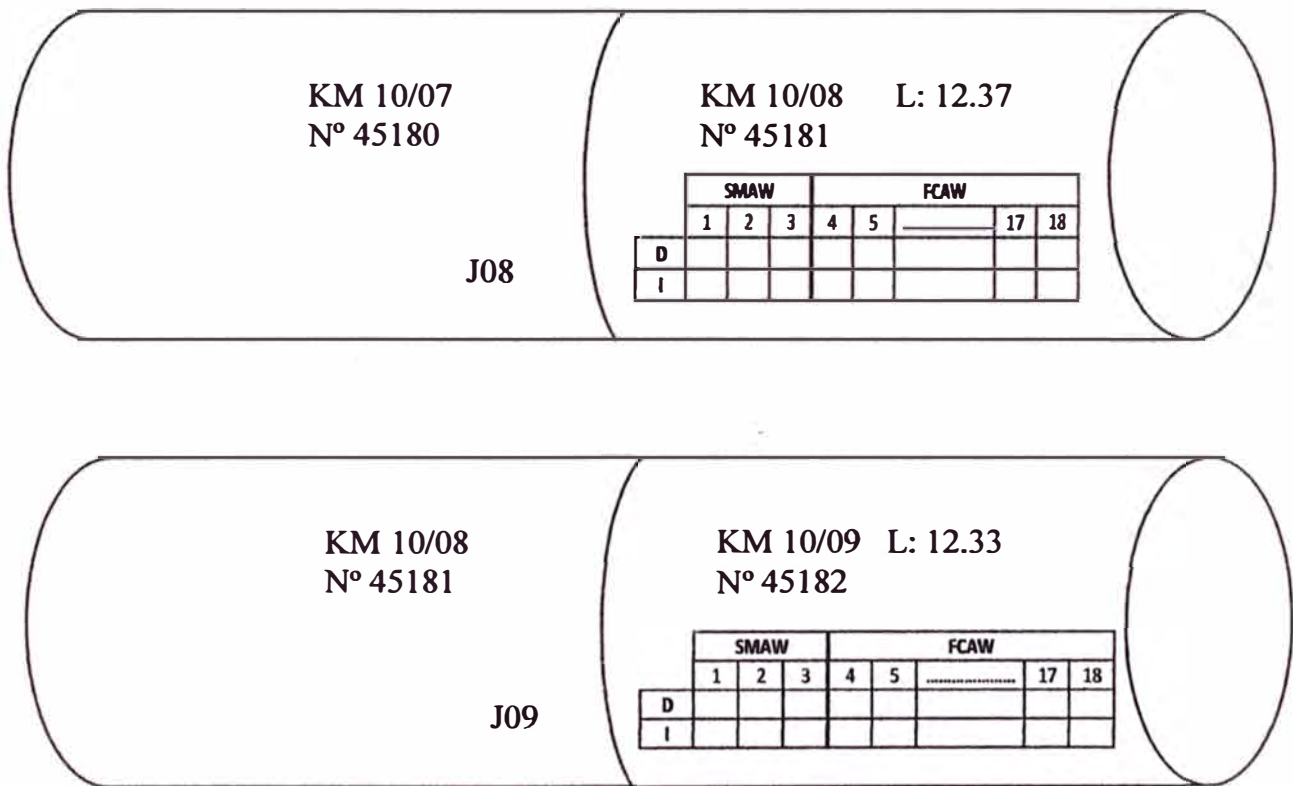


Fig. 4.2

- La identificación de la Junta será ejecutada a una distancia de 1m después de la misma, y en la determinación del lado derecho e izquierdo , considerar el sentido del montaje de la línea
- Si hubiera necesidad de incluir un “niple” o “niples”, el número de la junta será el mismo de la junta anterior al “niple”, aumentando la letra “A”, “B” y así sucesivamente menos la letra “C”, “R” ni “T”.

Ejemplo: N° de juntas para soldadura de unión entre el tubo 09 del Km 10 y más 02 niples aumentados después del tubo 09:

| Tubos (Número de fabrica) | KM/Tubo fijado por contratista | KM | Tubos (Numeración secuencial de campo) | Número de Junta |
|---------------------------|--------------------------------|----|--|-----------------|
| 45180 | 10/09 | 10 | 09 | 09A |
| 45181 | 10/09A | | 09A | |
| 45181 | 10/09A | 10 | 09A | 09B |
| 45182 | 10/09B | | 09B | |
| 45182 | 10/09B | 10 | 09B | 10 |
| 45184 | 10/10 | | 10 | |
| 45184 | 10/10 | 10 | 10 | 11 |
| 45185 | 10/11 | | 11 | |

Fig. 4.3

- Los empalmes (TIE-INS) serán identificados aumentando al número de la junta la letra "T", independiente de la existencia de una o más letras.

Ejemplo de N° de juntas: 02T, 49AT.....etc.

| Tubos (Número de fabrica) | KM/Tubo fijado por contratista | KM | Tubos (Numeración secuencial de campo) | Número de Junta |
|---------------------------|--------------------------------|----|--|-----------------|
| 45180 | 03/01 | 03 | 01 | 02T |
| 45181 | 03/02 | | 02 | |
| 45182 | 04/49 | 04 | 49 | 49AT |
| 45184 | 04/49A | | 49A | |

Fig. 4.4

- Las juntas cortadas serán identificadas aumentando la letra "C", en casos que existan más de un corte serán aumentados también números.

Ejemplo de N° de juntas: 01C, 01C1, 01C2.....etc.

- En la identificación de las juntas reparadas será aumentada la letra "R" independiente de la existencia de una o más letras.

Ejemplo de N° de juntas: 01R, 50TR, 01AR, 01CR, 01CTR.....etc.

4.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

Los ensayos No destructivos que se realiza en el proyecto es el de Radiografía Industrias al 100% en todas las juntas soldadas.

4.3.1 Actividades previas

- ✓ Personal autorizado para la realización de los ensayos Nivel I y Nivell.
- ✓ Demarcación de la zona a irradiar colocando las señalizaciones a 50 metros de la misma y verificando que la lectura del detector Geiger registre menos de 7.5 uSv/h en caso contrario ajustar la distancia.
- ✓ Traslado del equipo Gammagráfico hacia la zona de trabajo.
- ✓ Armado del equipo, manteniendo siempre el seguro puesto, colocar las mangueras de cable propulsor y tubo guía en posición recta. Hasta el momento de iniciar la exposición el equipo debe permanecer con llave.
- ✓ Focalizar, colocando la punta del tubo guía con el colimador sobre el tubo.
- ✓ Colocar las películas según grafico con el penetrametro entre la placa y el tubo.

- ✓ Soltar la pastilla de radio isotopo Iridio 192 mediante una manivela a través del tubo guía.
- ✓ Controlar con cronómetro digital el tiempo calculado de exposición, luego del cual se debe retraer la fuente radiactiva al interior del contenedor.
- ✓ Verificar con la lectura del detector Geiger que la fuente radiactiva haya ingresado al interior del contenedor.
- ✓ Verificar si el indicador de calidad de imagen esta conforme.
- ✓ Cuando se realice el traslado del Equipo Gammagráfico hacia una próxima costura, se debe asegurar la fuente con llave y colocar el tapón de seguridad a la salida del equipo.

4.3.2 Materiales y equipos

- ✓ Fuente de radiación Gamma de Ir-192 (máx. 120 Curies)
- ✓ Equipo de lanzamiento: con cámara proyector, cable guía de salida de fuente y proyector autopulsado interno Gammamat.
- ✓ Películas ASTM E1815 Grupo I (para el caso de AGFA le corresponden D3, D4, D5 y D7 y de Kodak /200, MX 125).
- ✓ Pantallas reforzadoras de plomo deberán ser usadas para intensificación de la imagen en la película, preferiblemente se utilizarán películas con pantalla de plomo integrales colocadas por el fabricante.
- ✓ Identificación, leyendas y marcas de Pb deberán llevar las películas para su debido registro

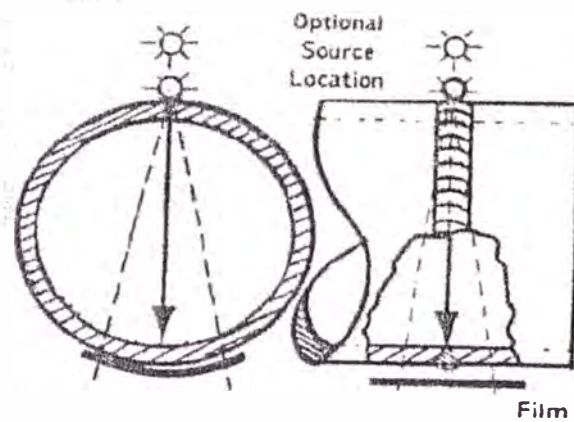
- ✓ Indicadores de calidad de imagen (ICI) penetrametros de alambre DIN 54109 los cuales serán colocados del lado película.
- ✓ Equipo de lectura de películas Negatoscopios, estos, deberán tener un reóstato para poder variar la iluminación incidente en la película y poder leer densidades de hasta 4.0 H&D unidades.
- ✓ Densitómetro para establecer la densidad de la película tomada
- ✓ Laboratorio para el procesado de película

4.3.3 Requerimientos del ensayo radiográfico

- ✓ Preparación de superficie de soldadura la radiografía se realizara después de la inspección visual con la identificación de la junta y la autorización para radiografiarlo.
- ✓ La sensibilidad del alambre según indique las tablas.
- ✓ Las limitaciones de densidad será Min. 1.8 H&D y Max. 4 H&D
- ✓ Toda placa mayor o igual a 8 pulg. de longitud expuesta según la técnica DP/SV deberá contener por lo menos dos (2) penetrámetros, uno en el área central de la placa y el segundo a aproximadamente una pulgada del extremo de la placa.
- ✓ Se usaran 03 penetrametros ubicados con una separados de 120° entre ellos.

4.3.4 Técnica radiográfica

La técnica que se emplea es la de exposición de Pared Doble-Simple Imagen (PD/SV). Fuente exterior a la tubería. (En contacto y hasta 0.500 pulg. de distancia se tomarán tres placas distanciadas cada una a 120° , y mayores a 0.500" se tomarán cuatro placas distanciadas cada una a 90°).



Exposure Arrangement — D

Fig. 4.5

4.4 REPARACION DE SOLDADURA

Inspección visual, ensayos no destructivos, evaluación y marcado de la zona a ser reparada.

4.4.1 Defectos registrados después de la soldadura

✓ Abertura de Arco

No se permite hacer arco eléctrico del electrodo fuera del bisel del tubo. Cuando esto ocurra se eliminara y se realizara el ensayo con Persulfato de amonio al 10% para verificar su eliminación y posteriormente se realizara la medición de espesores si el espesor

remanente es menos del 87,5 %del espesor de pared nominal se procederá al corte y retiro del área dañada.

✓ Defecto de relleno o cobertura

- a. Si la extensión de la reparación excede al 30% del perímetro de la junta soldada, se deberá cortar la costura y se reemplazará. Se deberá utilizar el procedimiento de soldadura original que corresponda para estas dos nuevas uniones.
- b. Defectos cuya longitud acumulada no supera el 30% del perímetro de la junta soldada, se abrirán con discos de piedra (“amolado”) hasta obtener la total eliminación del defecto (verificando esto con un END apropiado), cuidando que el ancho y el perfil de la abertura permitan un adecuado acceso para su posterior relleno. Luego se precalentará y se soldará acorde al procedimiento de reparación correspondiente.

Esquema de detalle de reparación

Reparación de relleno o cobertura

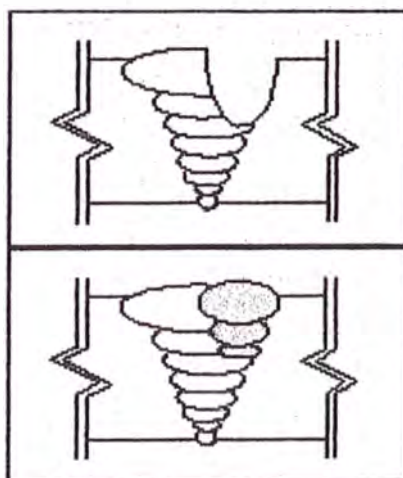


Fig. 4.6

✓ Defectos de raíz

- a. Si la longitud acumulada de defectos supera el 20% del perímetro de la junta se deberá proceder a cortar la junta
- b. Defectos cuya longitud acumulada sea inferior al 20% del perímetro de la junta soldada, se abrirá con discos de piedra de 7" de diámetro y 4 mm de espesor hasta alcanzar una profundidad de manera que queden 2 mm de espesor de pared. Luego se terminará de abrir la raíz utilizando una sierra de mano o disco de piedra de espesor no mayor a 3mm.

Esquema de detalle de reparación

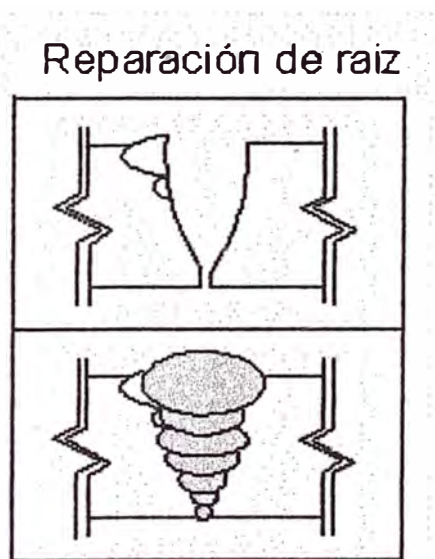


Fig. 4.7

4.4.2 Pre calentamiento

- ✓ Toda el área de reparación deberá ser precalentada a la temperatura indicada en el WPS de reparación y medida a una distancia de al menos 50 mm de la costura soldada.

- ✓ La temperatura de precalentamiento deberá ser mantenida durante todo el proceso de reparación.
- ✓ Defectos, excepto fisuras, podrán ser reparados mediante autorización y el acompañamiento del Coordinador de Calidad.

4.4.3 Fisuras

No será aceptada la reparación de fisuras. La junta deberá ser cortada.

4.4.4 Restricciones

- ✓ La separación entre dos reparaciones consecutivas deberá ser como mínimo 70 mm para ser reparadas individualmente.
- ✓ Toda la reparación será soldada de manera continua y sin interrupciones. En caso de ser necesario interrumpir la soldadura se deberá tener depositado como mínimo $1/3$ del espesor o 6 mm; el menor de ellos.
- ✓ En caso de detectar defectos sobre una junta ya reparada, esta no puede ser re-reparada, se deberá cortar.

4.4.5 Reinspección de la reparación

Las terminaciones de la soldadura deberán ser uniformes, exentas de socavaduras, bordes abruptos, solapes, etc. La superficie debe ser tal que permita una adecuada interpretación de los ensayos no destructivos a realizar.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DE JUNTAS SOLDADAS

Los resultados que se presenta a continuación referente a soldadura son datos proporcionados de la auditoria integral que se llevo a cavo al Sistema de transporte de gas natural y líquidos de gas natural del proyecto de Camisea realizada por las empresas Germanischer Lloyd Perú, S.A.C. y a Lloyd Germánico de México, S. de R.L. de C.V.

5.1.1 Rechazos en juntas soldadas del sistema de transporte de Gas Natural

De acuerdo a los registros de trazabilidad del transporte del sistema de gas natural, se tienen los siguientes datos en cuanto a juntas soldadas en un tramo de 717.321 km:

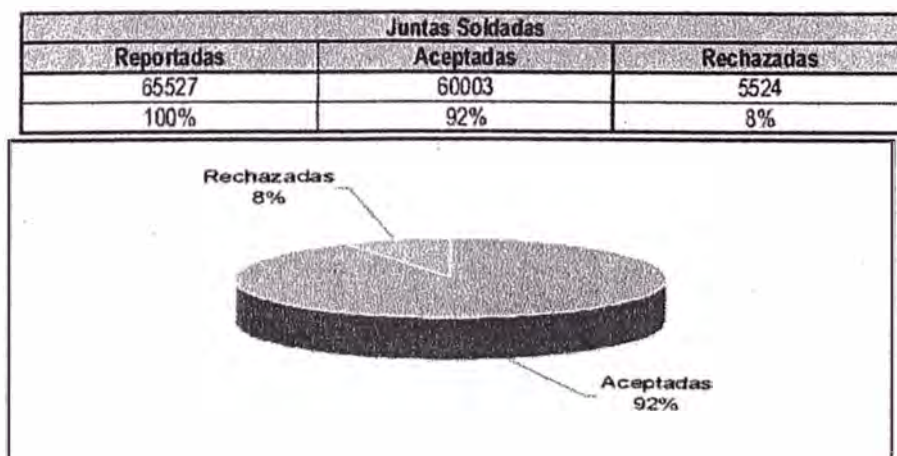


Fig. 5.1

La información siguiente, se han elaborado las gráficas de aceptación y rechazo de juntas soldadas por tramo, así como las gráficas de porcentajes de defectos para las uniones que fueron rechazadas.

Cada tramo del sistema de transporte del GN, se considera desde la trampa de envío de diablos, hasta la siguiente trampa de recibo de diablos.

A continuación se resumen los porcentajes de aceptación y rechazo, así como los porcentajes por defectos de las uniones soldadas rechazadas, en cada uno de los tramos del Sistema de Transporte Gas Natural:

| Tramo | Juntas Soldadas | | | | |
|----------|-----------------|-----------|-----|------------|-----|
| | Reportadas | Aceptadas | | Rechazadas | |
| 1 | 21330 | 19325 | 91% | 2005 | 9% |
| 2 | 11526 | 10655 | 92% | 871 | 8% |
| 3 | 12139 | 10973 | 90% | 1166 | 10% |
| 4 | 2617 | 2445 | 93% | 172 | 7% |
| 5 | 17915 | 16605 | 93% | 1310 | 7% |
| Totales: | 65527 | 60003 | 92% | 5524 | 8% |

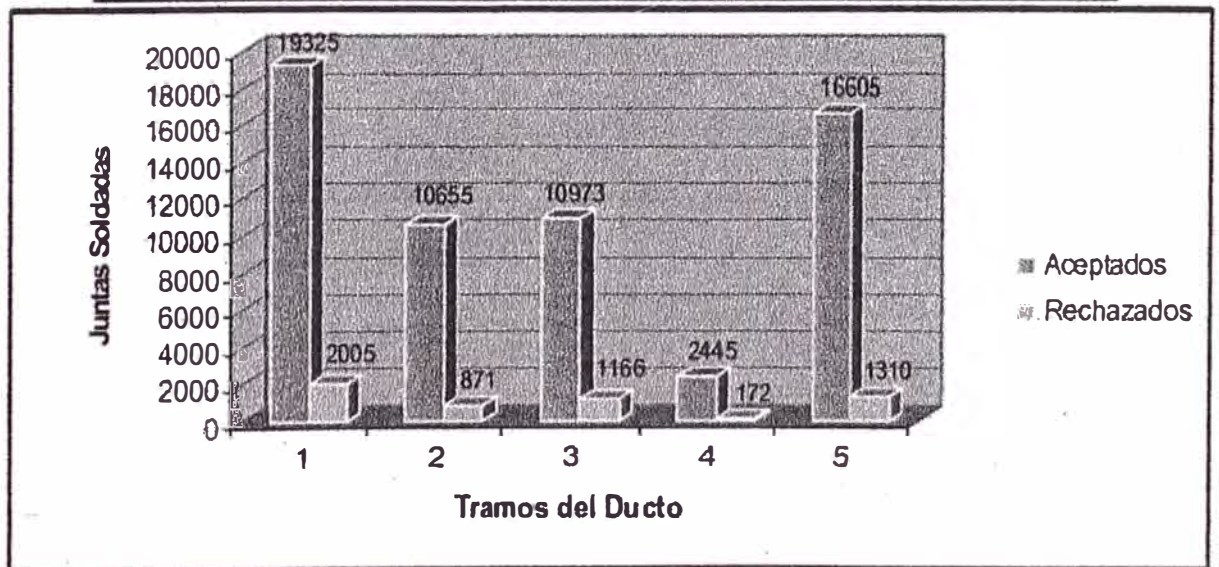


Fig. 5.2

En total existen 5524 juntas soldadas rechazadas, las cuales se pueden dividir por defectos y por tramo de la siguiente manera:

| Tramo | Juntas Soldadas Rechazadas (Por Defectos) | | | | | | Total |
|-----------------|---|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| | C | IF | EU | IU | ND | Otros | |
| 1 | 10 | 111 | 17 | 586 | 141 | 1140 | 2005 |
| 2 | 1 | 133 | 9 | 97 | 22 | 609 | 871 |
| 3 | 4 | 111 | 29 | 129 | 37 | 856 | 1166 |
| 4 | 0 | 8 | 0 | 55 | 16 | 93 | 172 |
| 5 | 0 | 111 | 34 | 709 | 19 | 437 | 1310 |
| TOTALES: | 15 | 474 | 89 | 1576 | 235 | 3135 | 5524 |
| % | 0.3% | 8.6% | 1.6% | 28.5% | 4.3% | 56.8% | 100.0% |

Descripción de los términos de rechazo:

C: Fisuras

IF: Fusión Incompleta

EU: Socavado Externo

IU: Socavado Interno

ND: No determinados

Para el apartado de otros defectos se incluyen los siguientes:

IP: penetración incompleta

IPD: penetración

incompleta por

desalineamiento

IC: concavidad Interna

BT: Quemada

ESl: inclusión de escorias alargadas

ISl: inclusión de escorias aisladas

P: porosidad

CP: porosidad agrupada

Al: acumulación de discontinuidades

HB: porosidad alargada

Fig. 5.3

La representación esquemática del rechazo total de las juntas soldadas se observa en la siguiente gráfica:

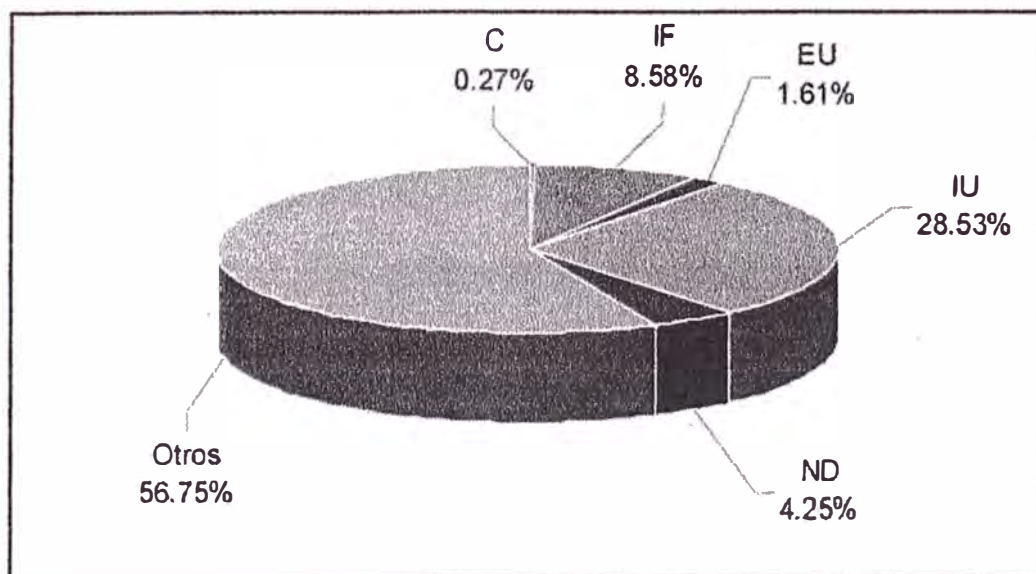


Fig. 5.4

5.1.2 Rechazos en juntas soldadas del sistema de transporte de Líquidos de Gas Natural

De acuerdo a los registros de trazabilidad del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural, se tienen los siguientes datos en cuanto a juntas soldadas en un tramo de 557 km:

| Juntas Soldadas | | |
|-----------------|-------------|------------|
| Reportadas | Aceptadas | Rechazadas |
| 48192 | 44113 (93%) | 4079 (7%) |

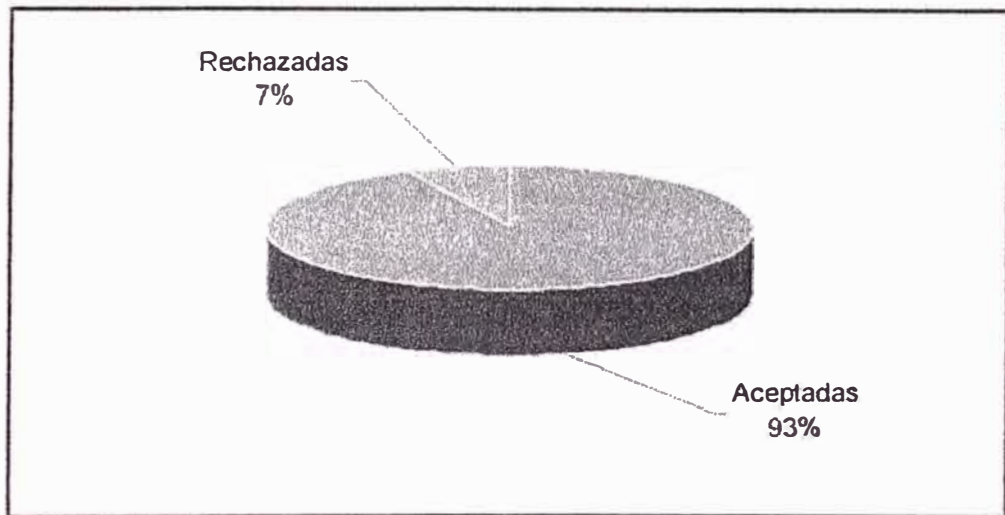


Fig. 5.5

La información siguiente, se han elaborado las gráficas de aceptación y rechazo de juntas soldadas por tramo, así como las gráficas de porcentajes de defectos para las uniones que fueron rechazadas.

Cada tramo del sistema de transporte del GN, se considera desde la trampa de envío de diablos, hasta la siguiente trampa de recibo de diablos.

A continuación se resumen los porcentajes de aceptación y rechazo, así como los porcentajes por defectos de las uniones soldadas

rechazadas, en cada uno de los tramos del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural:

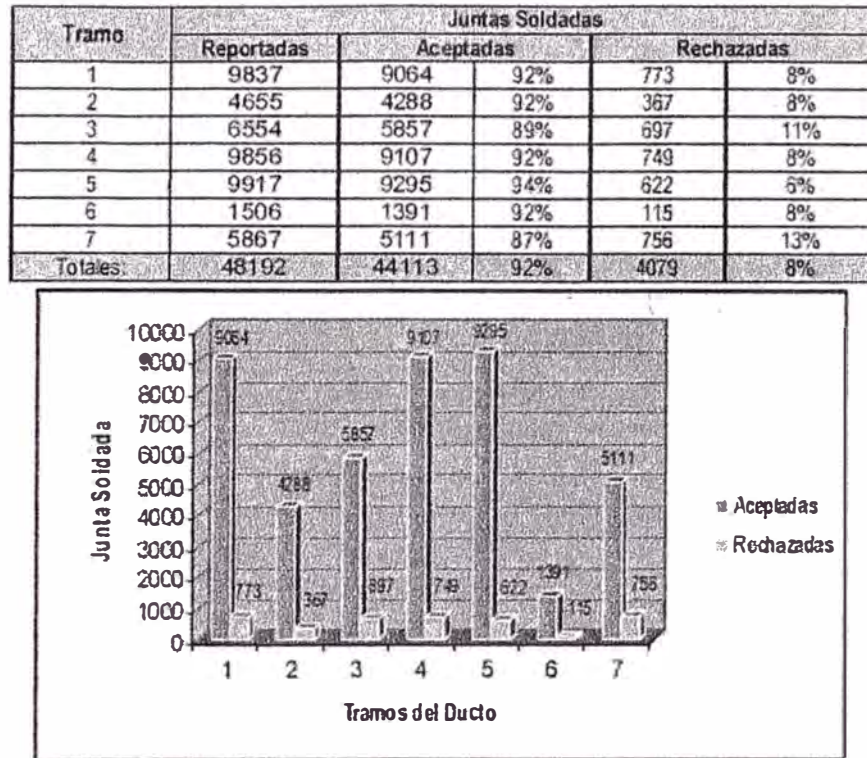


Fig. 5.6

En total existen 4079 juntas soldadas rechazadas, las cuales se pueden dividir por defectos y por tramo de la siguiente manera:

| Juntas Soldadas Rechazadas (Por Defectos), En Cada Tramo | | | | | | | |
|--|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Tramo | C | IF | EU | IU | ND | Otros | Total |
| 1 | 5 | 92 | 33 | 235 | 59 | 349 | 773 |
| 2 | 6 | 42 | 4 | 108 | 11 | 196 | 367 |
| 3 | 1 | 66 | 26 | 228 | 59 | 317 | 697 |
| 4 | 7 | 58 | 23 | 108 | 43 | 510 | 749 |
| 5 | 2 | 52 | 36 | 103 | 29 | 122 | 622 |
| 6 | 0 | 7 | 0 | 12 | 13 | 83 | 115 |
| 7 | 0 | 12 | 0 | 77 | 280 | 387 | 756 |
| TOTALES: | 21 | 329 | 122 | 871 | 494 | 1964 | 4079 |
| % | 0.5% | 8.1% | 3% | 21.4% | 12.1% | 55.0% | 100% |

Descripción de los términos de rechazo:

C: Fisuras

IF: Fusión Incompleta

EU: Socavado Externo

IU: Socavado Interno

ND: No determinados

Para el apartado de otros defectos se incluyen los siguientes:

IP: penetración incompleta

IPD: penetración incompleta por desalineamiento

IC: concavidad Interna

BT: Quemada

ES: inclusión de escorias alargadas

ISI: inclusión de escorias aisladas

P: porosidad

CP: porosidad agrupada

AI: acumulación de discontinuidades

HB: porosidad alargada

Fig. 5.7

La representación esquemática del rechazo total de las juntas soldadas se observa en la siguiente gráfica:

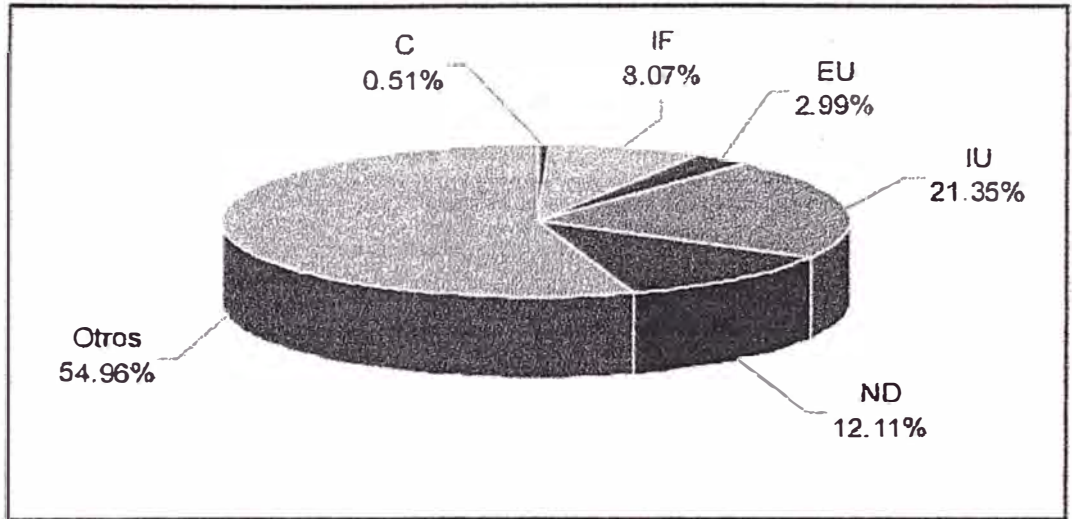


Fig. 5.8

CONCLUSIONES

- Para la aplicación de los diferentes ensayos no destructivos END es importante reconocer las diferentes discontinuidades en el cordón de soldadura para realizar una debida evaluación de acuerdo a las normas técnicas como la API 1104 y ASME B31.8 y especificaciones del proyecto y de este modo cumplir con los requisitos, realizando un buen control de calidad.
- Algo muy importante antes de realizar una soldadura es que se debe tener un procedimiento de soldadura (WPS) que es el documento donde se indican los parámetros que deben seguir los soldadores para obtener soldadura sanas, así también se debe tener su respectiva calificación del procedimiento (PQR) que es el documento donde se indican las pruebas y el resultado de estas que sustenta al WPS de acuerdo a las norma que se esté aplicando en la construcción soldada.
- Para realizar un buen control de calidad es importante inspeccionar los materiales y equipos utilizados, teniendo los instrumentos adecuados con calibración actualizada y en buen estado.
- De acuerdo a los registros de trazabilidad de los sistemas de Transporte de GN y LGN, existe un promedio de 8% de juntas rechazadas con respecto al total de soldaduras realizadas. Se hace notar que la mayor cantidad de rechazos individuales son del tipo "socavado interno", en el caso del ducto de GN con un promedio de 28.5% y en el caso del ducto de LGN con un

promedio de 21.4%. Por otra parte se debe considerar de que en la categoría clasificada como "otros" pueden a ver defectos de "socavados internos" adicionales.

- La inspección visual no solo se realiza después del proceso de soldadura sino que se realiza antes, durante y después del proceso de soldadura ya que la disconformidad en alguna de estas etapas llevaría a aumentar el riesgo a la falla en la junta soldada.
- Además es importante conocer otras técnicas de ensayos no destructivos como es la radiografía que se aplican después de un proceso de soldadura para tener el conocimiento de los controles y verificar que se esté aplicando correctamente la técnica.
- Un buen control de calidad nos permite prevenir las fallas que se pudieran dar y de este modo evitar las reparaciones, horas hombre, materiales, maquinas, tiempo etc. que se utilizarían en dichas reparaciones y por ende en costos de calidad.
- El proceso de soldadura debe ser realizado por soldadores calificados es decir que hayan demostrado su habilidad mediante probetas para realizar soldaduras sanas siguiendo un procedimientos de soldadura aprobado, para esto se debe tener una relación de soldadores con su debida identificación o estampa y de esta manera ser identificado en el proceso de soldadura.
- La rastreabilidad de las juntas soldadas se debe tener en cuenta en la construcción de la línea de tuberías ya que es la información del diseño y la construcción con que fue realizada dicha junta soldada la cual es registrada y queda como evidencia para posterior información y estudio del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- API STANDARD 1104, 1999: *Welding of Pipelines and Related Facilities*
- ASME B31.8-2003, -1999: *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*
- R.L.O'Brien, AWS: *Manual de Soldadura, Tomo I*
- Germán Hernández Riesco: *Manual del soldador*
- Curso "Fundamentos de la Inspección de uniones soldadas" : Modulo10-
Inspección visual y otros metodos de NDE y simbolos
- Germanischer Lloyd Perú, S.A.C. y a Lloyd Germánico de México, S. de R.L. de
C.V.: *Reporte final "Auditoría Integral de los Sistemas de Transporte de Gas
Natural y Líquidos de Gas Natural del Proyecto Camisea"*.
- OSINERG : "Informe sobre fallas ocurridas en el ducto de líquidos de gas
natural del sistema de transportes de camisea"
- ASME B31.8S-2004: *Managing System Integrity of Gas Pipelines*

ANEXO

1. CERTIFICADOS DE CALIDAD DE CONSUMIBLES
 - 1.1. ELECTRODO E6010
 - 1.2. ELECTRODO E8018-G
 - 1.3. ELECTRODO E81T8-G
2. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)
 - 2.1. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE LINEA REGULAR
 - 2.2. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE REPARACIONES
3. CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)
 - 3.1. ENSAYO DE TRACCION
 - 3.2. ENSAYO DE DOBLADO
 - 3.3. ENSAYO DE NICK-BREACK
 - 3.4. ENSAYO DE IMPACTO
4. FORMAT DE RELACION DE SOLDADORES
5. FORMATO DE INFORME DE RASTREABILIDAD DE JUNTA SOLDADA
6. FOTOS DE PROBETAS PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

The Lincoln Electric Company
 22801 St. Clair Avenue
 Cleveland, Ohio 44117-1159

CERTIFICATE OF CONFORMANCE
 (APPLIES ONLY TO U.S. PRODUCTS)



[1 Year]

Product: Fluxweld[®] 5P+
 Classification: E6010
 Specification: AWS A5 1-2004, ASME BFA-3.1
 Test Completed: August 31, 2007

This is to certify that the product named above and supplied on the referenced order number is of the same classification, manufacturing process, and material requirements as the material which was used for the test that was conducted on the date shown, the results of which are shown below. All tests required by the specifications shown for classification were performed at that time and the material tested met all requirements. It was manufactured and supplied according to the Quality System Program of the Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio, U.S.A., which meets the requirements of ISO9001, NCA3500, ANSI/AWS A5.01, JIS Z9502, and other specification and Military requirements, as applicable. The Quality System Program has been approved by ASME, ABS, and Yd1UV.

| Operating Settings | AWS/ASME Requirements | Results | |
|--|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Electrode Size | | 5/32 inch | 3/16 inch |
| Polarity | | DC+ | DC+ |
| Plate Thickness, mm (in.) | | 19 (3/4) | 19 (3/4) |
| Current, amps | | 140 | 160 |
| Passes/Leads | | 14/7 | 16/8 |
| Preheat Temp, °C (°F) | (225 min.) | 105 (225) | 105 (225) |
| Interpass Temp, °C (°F) | (225 - 350) | 150 (300) | 150 (300) |
| Mechanical properties of the weld deposits (in the as-welded condition) | | | |
| Tensile Strength, MPa (ksi) | (60 min.) | 540 (78) | 520 (76) |
| Yield Strength, 0.2% offset, MPa (ksi) | (48 min.) | 440 (63) | 430 (62) |
| Elongation, % | 22 min. | 24 | 30 |
| Average Hardness Rockwell H | Not Required | 86 | 85 |
| Charpy V-notch Impact Properties Avg. Joules @ -20 °C (ft-lbf @ -20 °F) | (20 min.) | 76 (55) | 73 (54) |
| | | 74,77,77 (55,57,57) | 72,74,74 (53,55,55) |
| Chemical composition (weight %) | | | |
| C | 0.20 max. | 0.16 | 0.12 |
| Mn | 1.20 max. | 0.62 | 0.58 |
| Si | 1.00 max. | 0.18 | 0.16 |
| S | Not Specified | 0.008 | 0.009 |
| P | Not Specified | 0.009 | 0.007 |
| Cr | 0.20 max. | 0.02 | 0.03 |
| Ni | 0.30 max. | 0.03 | 0.03 |
| Mo | 0.30 max. | 0.02 | 0.01 |
| V | 0.08 max. | 0.00 | 0.00 |

The electrode diameters required to be tested for this classification are 5/32 in. and 3/16 in.. The 3/32 in. and 1/8 in. sizes will also meet these requirements.

Macrographic Test: Grade 2: Met requirements. Fillet Weld Test: (positions as required): Met requirements. Test assembly constructed of ASTM A36.

This certificate complies to the requirements of EN 10204, Type 2.2.

Results below the detection limits of the instrument or lower than the precision required by specification are reported as zero. Strength values in SI units are reported to the nearest 10 MPa converted from actual data. Preheat and interpass temperature values in SI units are reported to the nearest 5 degrees.

Philip J. Woodring 25 Sept 2007
 Philip J. Woodring, Certification Supervisor Date

David A. Fink 25 Sept 2007
 David A. Fink, Manager, Compliance Engineering Date
 Consumable R&D Department

1.1 CERTIFICADO DE CALIDAD ELECTRODO E6010

The Lincoln Electric Company
23601 St. Clair Avenue
Cleveland, Ohio 44117-1199

CERTIFICATE OF CONFORMANCE
(APPLIES ONLY TO U.S. PRODUCTS)



(3 Year)

Product: Pipeliner[®] Lincoln[®] LH-D80
Classification: E8018-G
Specification: AWS A5.5-96, ASME SFA-5.5
Test Completed: January 16, 2006

This is to certify that the product named above and supplied on the referenced order number is of the same classification, manufacturing process, and material requirements as the material which was used for the test that was conducted on the date shown, the results of which are shown below. All tests required by the specifications shown for classification were performed at that time and the material tested met all requirements. It was manufactured and supplied according to the Quality System Program of the Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio, U.S.A., which meets the requirements of ISO9001, NCA3630, ANSI/AWS A5.01, JIS Z5902 and other specification and Military requirements, as applicable. The Quality System Program has been approved by ASME, ABS, and VdTUV.

Operating Settings

| | | | | | |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Electrode Size | | 4.0mm AC | 4.0mm DC+ | 4.5mm AC | 4.5mm DC+ |
| Polarity | | AC | DC+ | AC | DC+ |
| Plate Thickness, mm (in.) | | 19 (3/4) | 19 (3/4) | 19 (3/4) | 19 (3/4) |
| Current, amps | | 100 | 170 | 220 | 210 |
| Passes/Layers | | 16/8 | 16/8 | 14/7 | 12/6 |
| Preheat Temp, °C (°F) | (200 - 225) | 105 (225) | 105 (225) | 105 (225) | 105 (225) |
| Interpass Temp, °C (°F) | (200 - 225) | 105 (225) | 105 (225) | 105 (225) | 105 (225) |

Mechanical properties of the weld deposits (in the as-welded condition)

| | | | | | |
|---|--------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Tensile Strength, MPa (ksi) | (82 min.) | 630 (92) | 600 (87) | 640 (92) | 590 (86) |
| Yield Strength, MPa (ksi) | (67 min.) | 550 (80) | 510 (74) | 540 (78) | 490 (71) |
| Elongation % | 15 min. | 26 | 27 | 25 | 23 |
| Average Hardness Rockwell B | Not Required | 92 | 92 | 94 | 93 |
| Avg. Charpy V-notch Impact Properties Joules @ 29 °C (85 °F) | Not Required | 101 (75) | 81 (60) | 72 (53) | 133 (98) |
| Joules @ 40 °C (104 °F) | Not Required | 79,111,114 (58,82,84) 60 (44) | 77,83,84 (57,51,52) 52 (38) | 66,72,79 (49,53,58) 54 (40) | 128,103,157 (95,98,101) 80 (59) |
| Joules @ 40 °C (104 °F) | Not Required | 23,76,50 (17,58,69) | 22,61,75 (16,45,54) | 42,45,74 (31,33,55) | 66,76,99 (49,56,73) |

Chemical analysis (weight %)

| | | | | | |
|----------------------|--------------|---------|------|------|------|
| C | Not Required | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.07 |
| Mn | 1.03 min. | 1.26 | 1.31 | 1.14 | 1.22 |
| Si | 0.53 min. | 0.54 | 0.58 | 0.51 | 0.52 |
| S | Not Required | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| P | Not Required | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Cu | 0.23 min. | 0.09 | 0.03 | 0.12 | 0.13 |
| Cr | 0.33 min. | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.06 |
| Ni | 0.53 min. | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.07 |
| Mo | 0.23 min. | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| V | 0.13 min. | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Coating Moisture (%) | as received | 0.2 max | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

*To meet the requirements for E8018-G classification, the weld deposit only needs to meet the minimum levels specified of one of the elements listed.
Radiographic Test: Grade 1; Met requirements. Fillet Weld Test: (as per as required); Met requirements.
Test assembly constructed of buffered ASTM A242 per AWS A5.5.

David A. Fink Feb 14, 2006
Philip J. Woodring, Test Supervisor Date
David A. Fink 14 Feb 2006
David A. Fink, Manager, Compliance Engineering, Date
Consumables R&D Department

Results below the detection limit of the instrument or lower than the precision required by specification are reported as zero.
Strength values in SI units are reported to the nearest 10 MPa converted from actual data. Preheat and interpass temperature values in SI units are rounded to the nearest 5 degrees.

1.2 ELECTRODO E8018-G

The Lincoln Electric Company
 22901 St. Clair Avenue
 Cleveland, Ohio 44117-1158

CERTIFICATE OF CONFORMANCE
 (APPLIES ONLY TO U.S. PRODUCTS)



Product: Pipeliner[®] NR-208 XP
 Classification: E81T8-G
 Specification: AWS A5.29-2005, ASME SFA-5.29
 Test Completed: March 28, 2006

This is to certify that the product named above and supplied on the referenced order number is of the same classification, manufacturing process, and material requirements as the material which was used for the test that was conducted on the date shown, the results of which are shown below. All tests required by the specifications shown for classification were performed at that time and the material tested met all requirements. It was manufactured and supplied according to the Quality System Program of the Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio, U.S.A., which meets the requirements of ISO9001, NCA1300, AWS/AWS A5.01, JIS Z8902, and other specification and Military requirements, as applicable. The Quality System Program has been approved by ASME, ABS, and VOTUV.

| Operating Settings | | |
|---|-----------------------|--|
| | AWS/ASME requirements | Results |
| Electrode Size | | 2.0 mm |
| Polarity | | DC- |
| Voltage, V | | 21 |
| Wire Feed Speed, cm/min (in/min) | | 278 (110) |
| Current, amps | | 220 |
| Heat Input Avg., kJ/in (kJ/in.) | | 1.8 (46) |
| Contact Tip to Work Distance, mm (in.) | | 22 (7/8) |
| Passes/Layers | | 13/7 |
| Preheat Temp., °C (°F) | | 165 (325) |
| Interpass Temp., °C (°F) | | 165 (325) |
| Mechanical Properties of the weld deposits (in the as-welded condition) | | |
| Tensile Strength, MPa (ksi) | (85 - 120) | 610 (88) |
| Yield Strength, MPa (ksi) | (68 min.) | 530 (77) |
| Elongation, % | 19 min. | 27 |
| Average Hardness Rockwell B | Not Required | 91 |
| Charpy V-notch Impact Properties | | |
| Avg. Joules @ -40 °C (ft-lbf @ -40 °F) | Not Required | 137 (101) 119, 140, 152 (86, 103, 112) |
| Avg. Joules @ -20 °C (ft-lbf @ -20 °F) | Not Required | 173 (127) 168, 174, 179 (124, 128, 132) |
| Chemical composition of weld deposit (weight %) | | |
| C | Not Required | 0.03 |
| Mn* | 0.50 min. | 1.54 |
| Si | 1.00 max. | 0.11 |
| S | 0.030 max. | 0.000 |
| P | 0.030 max. | 0.011 |
| Cr* | 0.30 min. | 0.63 |
| Ni* | 0.50 min. | 0.84 |
| Mo* | 0.20 min. | 0.02 |
| V* | 0.10 min. | 0.00 |
| Al | 1.8 max. | 1.0 |



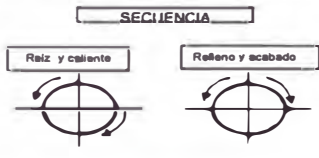
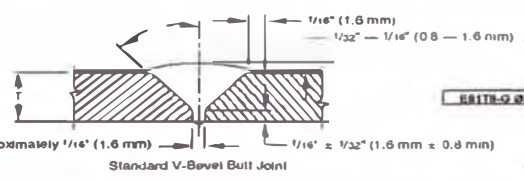

The strength and elongation properties were obtained from 12.5 mm (0.500 in.) A4 tensile specimen artificially aged at 165°C (320 °F) for 48 hours, as permitted by AWS A5.29-05. A naturally aged tensile specimen may take months to achieve the specified properties. See AWS A5.29-05, paragraph A8.3. The time required for the natural aging of weld deposits is dependent upon ambient conditions, weldment geometry, the metallurgical structure of the weld deposit and other factors.

*To meet the requirements for E81T8-G classification, the weld deposit only needs to meet the minimum level specified of one of the elements listed.
 Radiographic Test: Met requirements. Fillet Weld Test. (positions as required): Met requirements.
 Test assembly conformed to standard ASTM A38.
 Results below the detection limits of the instrument or lower than the precision required by specification are reported as zero.
 Strength values in SI units are reported to the nearest 10 MPa converted from actual data. Preheat and Interpass temperature values in SI units are reported to the nearest 5 degrees.



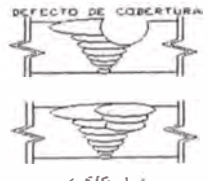
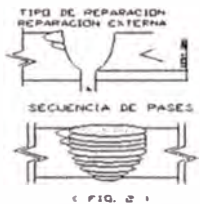



Phillip J. Woodring April 25, 2006
 Phillip J. Woodring, Certifying Supervisor Date
David A. Frik 26 April 2006
 David A. Frik, Manager, Compliance Engineering, Date
 Consumable R&D Department

1.3 ELECTRODO E81T8-G




2.1 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

|  | | REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) | | | |  | | | |
|---|---|---|----------|---|-------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Proyecto: Pagoreni A/B - Malvinas (Lote 58) & Cashiriari I - Malvinas (Lote 88) - Flowline Design & Construction - EPC CFL | | | | | | | |
| WPS N°: 4 MANUAL SEMIAUTOMÁTICO | | Fecha de elaboración: | Rev. A | Pag. 1 de 1 | PPAG-260-WP-C-004 | | | | |
| CLIENTE: PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A.C. NOMBRE DE COMPAÑIA: CONSORCIO CONDUTO - SERPETBOL | | | | POSICION Posición a tope: 8G Filete: No Aplica Progresión Vertical: Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente: <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | |
| PROCESO: SMAW - FCAW TIPO: Manual - Semiautomático | | | | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Modo de Transferencia GMAW - FCAW: Corriente <input checked="" type="checkbox"/> Corriente AC <input type="checkbox"/> DC + <input checked="" type="checkbox"/> (SMAW - raíz, calentamiento y relleno 1) DC - <input checked="" type="checkbox"/> (FCAW - relleno a 12 capas) | | | | | |
| METAL BASE Especificación del Material: API 5L X70 - PSL 2 Diámetro de prueba: 24" Espesor de prueba: 0.612 pulg (20.62 mm) | | | | TECNICA Arrastre u Oscilación: Cepa lineal, cordones u ondulado Pasada simple o múltiple (por cara): Múltiple (ENTRE 12 Y 18 CAPAS) Tiempo entre 1er y 2do pase: 5 minutos máximo Limpieza entre pases: Disco de 3/16" para pase de raíz, el resto con grata. | | | | | |
| METAL DE APORTE Especificación AWS: AWS 5.1, AWS 5.5, AWS 5.29 Clasificación AWS: E6010, E8018-G, E81T8-G Nombre Comercial: Fleetweld 5P+, Pipeliner Lincoln LH-D80, Pipeliner NR-208 XP | | | | PRECALENTAMIENTO Temperatura de Precalentamiento e interpase: 120°C mínima Temperatura entre Pases: De 250°C de acuerdo a la soldadura. | | | | | |
| DISEÑO DE LA JUNTA USADA Tipo: En V de acuerdo a diseño adjunto Abertura de Raíz: 1/8" Dimensión cara Raíz: 1/8" Respaldo: NO Angulo de base: 60° Soldadura de respaldo: NO | | | | SECUENCIA  | | | | | |
| SOLDADOR - IDENTIFICACIÓN <table border="1"> <tr> <th>RAÍZ-PASE CALIENTE Y RELLENO 1</th> <th>RELLENOS 2 EN ADELANTE Y CAPA</th> </tr> <tr> <td>San Martín Franklin (Lado Derecho)</td> <td>Celorio Pinargote Grinoffo (Lado Derecho)</td> </tr> <tr> <td>San Martín Dorlan (Lado Izquierdo)</td> <td>Lares Fraire José Luis (Lado Izquierdo)</td> </tr> </table> | | | | | | | | RAÍZ-PASE CALIENTE Y RELLENO 1 | RELLENOS 2 EN ADELANTE Y CAPA |
| RAÍZ-PASE CALIENTE Y RELLENO 1 | RELLENOS 2 EN ADELANTE Y CAPA | | | | | | | | |
| San Martín Franklin (Lado Derecho) | Celorio Pinargote Grinoffo (Lado Derecho) | | | | | | | | |
| San Martín Dorlan (Lado Izquierdo) | Lares Fraire José Luis (Lado Izquierdo) | | | | | | | | |
| DISEÑO DE LA JUNTA A SOLDAR  | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| CAPAS | PROCESO | METAL DE APORTE | | CORRIENTE | | VOLTAJE (V) | VELOCIDAD DE AVANCE (incht/min) | Máx. Aporte de Calor (kJ/inch) | |
| | | Clasificación | Diámetro | Tipo y polaridad | Amperaje (A) | | | | |
| RAÍZ | SMAW | E6010 | 1/8" | DC + | 120 - 130 | 22 - 27 | 19 - 20 | 9.44 | |
| CALIENTE | SMAW | E8018-G | 5/32" | DC + | 170 - 215 | 23 - 30 | 22 - 28 | 15.48 | |
| RELLENO 1 | SMAW | E8018-G | 5/32" | DC + | 170 - 215 | 23 - 30 | 12 - 18 | 13.54 | |
| RELLENO 2 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 180 - 210 | 23 - 30 | 13 - 15 | 20.79 | |
| RELLENO 3 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 180 - 210 | 18 - 22 | 15 - 19 | 28.43 | |
| RELLENO 4 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 180 - 210 | 18 - 22 | 15 - 19 | 26.07 | |
| RELLENO 5 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 13 - 15 | 19.58 | |
| RELLENO 6 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 13 - 15 | 20.88 | |
| RELLENO 7 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 13 - 15 | 20.54 | |
| RELLENO 8 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 13 - 15 | 20.54 | |
| RELLENO 9 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 15 - 17 | 21.34 | |
| RELLENO 10 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 13 - 15 | 18.14 | |
| RELLENO 11 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 15 - 18 | 19.99 | |
| RELLENO 12 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 215 - 230 | 18 - 22 | 15 - 18 | 19.79 | |
| CAPA 14 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 220 - 235 | 19 - 20 | 15 - 18 | 19.99 | |
| CAPA 15 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 220 - 235 | 19 - 20 | 16 - 18 | 19.99 | |
| CAPA 16 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 220 - 235 | 19 - 20 | 15 - 18 | 19.28 | |
| CAPA 17 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 220 - 235 | 19 - 20 | 15 - 18 | 19.28 | |
| CAPA 18 | FCAW | E81T8-G | 5/64" | DC - | 220 - 235 | 19 - 20 | 15 - 18 | 19.28 | |
| NOMBRE | | M. Albán | | R. Viteri | | P. Ricaurte | | CLIENTE | |
| CARGO | | QA/QC COORDINATOR | | SUPERINTENDENTE | | GERENTE DE PROYECTO | | INSPECTOR CLIENTE | |
| FIRMA | | | | | | | | | |
| FECHA | | 8-may-2008 | | 8-may-2008 | | 8-may-2008 | | | |

2.2 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE REPARACIONES (WPS)

| | | | |
|---|--|--|---------------------|
|  | | BLOCK 56 & 88 - CAMISEA EXPANSION PROJECT | |
| CUENTE PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A.C. | | | |
| JOB: CAMISEA EXPANSION BLOCKS 56 & 88 FLOWLINWS PAGORENI & CASHIRIARI . EPC CFL | | | |
|  | | ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA - REPARACION POR FALTA Y EXCESO DE PENETRACION, FALTA DE FUSION, SOCAVACIONES Y POROSIDADES (WPS N° 8 MANUAL) | Pag. 2 de 2 |
| | | PPAG-250-WP-C-008 | Rev. 1 |
| CLIENTE: PLUSPETROL PERU CORPORATION S A C | | POSICION | |
| NOMBRE DE COMPAÑIA: CONSORCIO CONDUITO - SERPETBOL | | Posición a tope. Todas - Fija Filete. No Aplica | |
| CUBIERTO POR PQR N°: Calificado | | Filete: No Aplica | |
| PROCESO: SMAW (REPARACION) | | Progresión Vertical: Ascend. | |
| TIPO: Manual | | CARACTERISTICAS ELECTRICAS | |
| METAL BASE | | Modo de Transferencia GMAW - FCAW: Cortocircuito ____ | |
| Especificación del Material: API 5L X70 | | Corriente DC(-) __ DC(+) __ | |
| Diámetro de prueba: 18" y 24" | | TECNICA | |
| Rango de diámetros aplicables: desde 12.75 en adelante | | Arrastre u Oscilación: Primer pase arrastre, resto con oscilación | |
| Espesor de prueba: 0.812 pulg (20.62 mm) | | Pasada simple o multiple (por cara): Multiple | |
| Rango de espesores aplicables: desde 0.750 pulg (19.05 mm) en adelante | | Tiempo entre 1er y 2do pase: 30 minutos máximo | |
| METAL DE APORTE | | Limpieza entre pases: Disco de 3/16" para pase de raíz, el resto con escobilla circular | |
| Especificación AWS: AWS 5.1. AWS 5.5 | | PRECALENTAMIENTO | |
| Clasificación AWS E6010 // E8018-C3 | | Temperatura de Precalentamiento e interpase: 90°C minima | |
| | | Temperatura entre Pases: 120°C - 200°C | |
| DISEÑO DE LA JUNTA USADA | | TRATAMIENTO TERMICO POST SOLDADURA | |
| Tipo: En V de acuerdo a diseño adjunto | | Temperatura: No Aplica | |
| Abertura de Raiz: 1/8 pulg Dimension cara Raiz: 1/8 pulg | | Tiempo: No Aplica | |
| Respaldo: NO | | PROTECCION | |
| Angulo de bisel: 66° | | Fundente: ____ | |
| Soldadura de respaldo: NO | | Gas de Protección: No Aplica | |
| Metodo de Deteccion del Defecto: Gammagrafia | | Fundente-electrodo: ____ | |
| Metodo de Remocion del Defecto y Preparacion del Bisel: Disco Abrasivo | | Tasa de Flujo: No Aplica | |
| DISEÑO DE LA JUNTA A SOLDAR | | | |
|  | |  | |
|  | |  | |
|  | | (*) Corresponde solo al caso de la figura 2 Nota: Este procedimiento se aplica a todas las juntas soldadas con los procesos SMAW-FCAW procedimiento PPAG-250-W-C-004_0. | |
| | | ESCRITO POR | REVISADO POR |
| NOMBRE | | D. Valarezo / R. Valencia | R. Viteri / A. Mass |
| CARGO | | QA/QC COORDINATOR | SUPERINTENDENTE |
| FIRMA | | | GERENTE DE PROYECTO |
| FECHA | | 30-06-08 | 30-06-08 |
| | | APROBADO POR | CLIENTE |
| | | P Ricaurte / J. Paniagua | |
| | | | |
| | | | |

3. CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)

|  pluspetrol Perú Corp. S.A. | REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) | | | |  CONSORCIO  | |
|---|---|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---|---------------------------|
| | Proyecto: Pagoreni A/B – Malvinas (Lote 56) & Cashiriari I – Malvinas (Lote 88) -Flowline Design & Construction - EPC | | | | | |
| | CFL PPAG-250-WP-C.004 | | | | | |
| PQR N°: 4 <small>MANUAL-SEMIAUTOMATICO</small> | Fecha de elaboración: | 08/05/2008 | Rev. A | Pag. 2 de 2 | | |
| ENSAYOS DESTRUCTIVOS | | | | | | |
| PRUEBAS DE TENSION | | | | | | |
| Especimen No. | Ancho (mm) | Espesor (mm) | Area (mm ²) | Carga rotura total (KN) | Resistencia máx. (Mpa.) | Tipo de falla y ubicación |
| T1 | 25.35 | 21.71 | 550.30 | 351.00 | 638 | - |
| T2 | 25.30 | 21.73 | 549.80 | 352.30 | 641 | - |
| T3 | 25.31 | 21.7 | 549.20 | 350.30 | 638 | - |
| T4 | 25.47 | 21.71 | 553.00 | 349.70 | 632 | - |
| ENSAYOS DE DOBLEZ GUIADO | | | | | | |
| ESPECIMEN | RESULTADO | | ESPECIMEN | RESULTADO | | |
| DL 1/1 LD | CONFORME | | DL 1/3 LI | CONFORME | | |
| DL 1/1 LD | CONFORME | | DL 1/3 LI | CONFORME | | |
| DL 1/2 LD | CONFORME | | DL 1/4 LI | CONFORME | | |
| DL 1/2 LD | CONFORME | | DL 1/4 LI | CONFORME | | |
| ENSAYOS DE NICK BREAK | | | | | | |
| PROBETA | | | RESULTADO | | | |
| NB1 | | | CONFORME | | | |
| NB2 | | | CONFORME | | | |
| NB3 | | | CONFORME | | | |
| NB4 | | | CONFORME | | | |
| PRUEBA DE IMPACTO | | | | | | |
| Zona | Especimen No. | Temperatura de ensayo | Energía Absorbida | Promedio | Resultado | |
| METAL DE BASE | 1 | 0 °C | 262 | 248 | ACCEPTABLE | |
| | 2 | 0 °C | 264 | | | |
| | 3 | 0 °C | 218 | | | |
| METAL DE SOLDADURA | 1 | 0 °C | 300 | 278 | ACCEPTABLE | |
| | 2 | 0 °C | 300 | | | |
| | 3 | 0 °C | 234 | | | |
| AREA CALIENTE | 1 | 0 °C | 250 | 257 | ACCEPTABLE | |
| | 2 | 0 °C | 258 | | | |
| | 3 | 0 °C | 264 | | | |
| Observaciones <u>Se recomienda realizar la limpieza entre pases de relleno con disco de desbaste.</u> | | | | | | |
| | | ESCRITO POR | REVISADO POR | APROBADO POR | CLIENTE | |
| NOMBRE | | M. Albán | R. Viteri | P. Ricaurte | | |
| CARGO | | QA/QC COORDINATOR | SUPERINTENDENTE | GERENTE DE PROYECTO | INSPECTOR CLIENTE | |
| FIRMA | | | | | | |
| FECHA | | 8-may-2008 | 8-may-2008 | 8-may-2008 | | |

3.1 ENSAYO DE TRACCION

LABORATORIO DE MATERIALES



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE CHILE

COMISIÓN DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

MAT-MAY-0418/2008

ENSAYO DE TRACCION

INFORME DE LABORATORIO

Solicitante: Número de Pruebas:
 Solicitado por:
 Dirección:
 Realizado por:
 Muestra:
 Fecha:

RESULTADOS

| MUESTRA | | T1110 | T1210 |
|------------------------------------|-------------------------|-------|-------|
| SECCION TRANSVERSAL | ANCHO (mm) | 20.70 | 25.30 |
| | ESPESOR (mm) | 24.70 | 24.70 |
| | AREA (mm ²) | 510.5 | 621.5 |
| CARGAS (N) | FLUENCIA | --- | --- |
| | MAXIMA | 201.5 | 173.0 |
| TENSIONES (MPa) | FLUENCIA | --- | --- |
| | MAXIMA | 632 | 645 |
| LONGITUD INICIAL ENTRE MARCAS (mm) | | --- | --- |
| LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm) | | --- | --- |
| ALARGAMIENTO (%) | | --- | --- |

Nota: El valor de elongación es el promedio.

OBSERVACIONES

Durante el ensayo se produjo un fenómeno de fluencia en la muestra T1110.
 Se observó un fenómeno de fluencia en la muestra T1210.
 El ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM E8-04.
 Los resultados de las muestras T11 y T12 se produjeron de la siguiente manera:



ENSAYO DE TRACCION

INFORME DE LABORATORIO

WAF 100404 Número Total de Páginas: 6

SOLICITADO POR : CONDLITO PERLIS A.C
 DIRECCION : Av. Pablo de Donquijote 421 Lda. Copiapó - San Pedro
 REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Antistia (S)
 MUESTRA : Probetas Soldadas de Acero WFS 14
 FECHA : 2008-05-08

RESULTADOS:

| MUESTRA | | T1/3 LI | T1/4 LI |
|------------------------------------|-------------------------|---------|---------|
| SECCIÓN TRANSVERSAL (a x b) | ANCHO (mm) | 25.34 | 25.47 |
| | ESPESOR (mm) | 21.70 | 21.71 |
| | ÁREA (mm ²) | 549.2 | 550.0 |
| CARGAS (kN) | FLUENCIA | --- | --- |
| | MÁXIMA | 150.3 | 149.7 |
| TENSIONES (MPa) | FLUENCIA | --- | --- |
| | MÁXIMA | 628 | 632 |
| LONGITUD INICIAL ENTRE MARCAS (mm) | | --- | --- |
| LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm) | | --- | --- |
| ALARGAMIENTO (%) | | --- | --- |

Fecha de Emisión: 2008-05-08

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras: Visualmente en buen estado
- Las muestras ensayadas fueron preparadas por el solicitante
- Norma de ensayo: API 1104-2005
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 22.6 °C
- Con roturas de las muestras T1/3 y T1/4 se produjeron en el metal base.



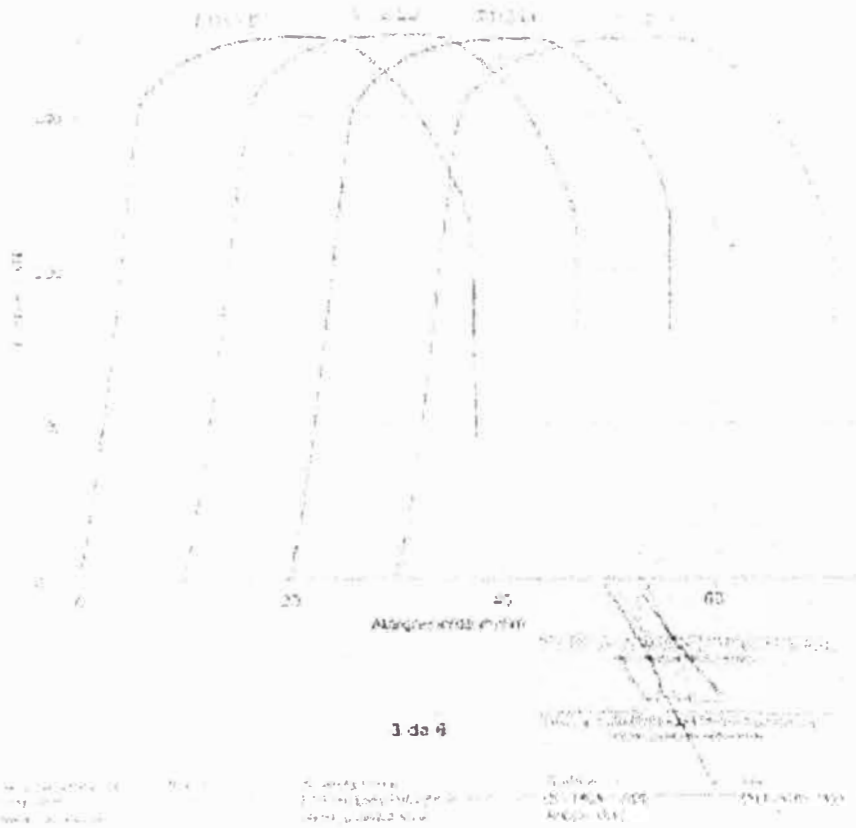
Zwick / Roell

Standard test report

03.05.2008

MAT-MAY-0418/2008

Probetas de Soldadas de Acero WPS-C4



3.2 ENSAYO DE DOBLADO

LABORATORIO DE MATERIALES

Departamento de Ingeniería
Sistema Ingeniería Aleatoria



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD SEGUN NTP ISO/IEC 17025

MAT-MAY-0418-2008

ENSAYO DE DOBLADO

INFORME DE LABORATORIO

MATERIALES

Número Total de Páginas: 6

SOLICITADO POR : CONFINITO PERU S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Pablo Carrizosa 421 Urb. Corpac - San Isidro.
REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Avizta 10.
MUESTRA : Pruebas soldadas de acero
FECHA : 2008 05 08.

RESULTADOS:

| MUESTRA | ANGULO DE DOBLADO | PRESENCIA DE DISCONTINUIDADES | CALIFICACION SEGUN API 1104 |
|----------|-------------------|--|-----------------------------|
| DL 01 L3 | 180° | Figura 3.5 y 0.8 mm. | CONFORME |
| DL 02 L3 | 90° | Figura 3.3 y 0.8 mm | CONFORME |
| DL 03 L3 | 180° | Inclusión de escoria 0.3x0.3 mm Figura 3.3 y 0.4 mm | CONFORME |
| DL 04 L3 | 180° | Figura 3.7 mm. Figura de borde 0.5 mm | CONFORME |
| DL 05 L3 | 180° | Figura 0.5 mm. | CONFORME |
| DL 06 L3 | 180° | Figura 3.8, Para 1.0x0.5 mm. Figura de borde 1.2 mm | CONFORME |
| DL 04 L1 | 180° | No hay | CONFORME |
| DL 04 L2 | 180° | Figura 1.1 mm. | CONFORME |

Fecha de Emisión: 2008 05 08.

OBSERVACIONES:

- Distribución de las muestras: Visualmente en bruto oxidado.
- Las máquinas ensayadoras fueron proporcionadas por el solicitante.
- Norma de Ensayo API 1104 - 2005.
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 22.7° C.

El presente informe es propiedad del laboratorio y está reservado para el uso exclusivo del cliente. No se permite la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa del laboratorio. Cualquier uso no autorizado de este informe será considerado como una violación de los términos de uso de los servicios del laboratorio y será sancionado de acuerdo a lo establecido en la política de calidad del laboratorio.

4 de 6

Elaborado por: Ing. Carlos
Revisado por: Ing. Carlos

Aprobado por: Ing. Carlos
Fecha: 2008 05 08

Señor: Sr. Carlos
Calle: Av. Pablo Carrizosa 421
San Isidro, Lima 15101

3.3 ENSAYO DE NICK-BREAK

LABORATORIO DE MATERIALES
 Departamento de Ingeniería
 Instituto Tecnológico de la Ingeniería Mecánica



PONTIFICIA
 UNIVERSIDAD
 CATOLICA
 DEL PERU

COM SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD SEGUN NTP ISO/IEC 17025

MAT-MAY-0418/2008

ENSAYO DE NICK-BREAK

INFORME DE LABORATORIO

NUMERO DE OLA : _____ Numero Total de Páginas: 3

SOLICITADO POR : CONDUITO PERU S.A.C

DIRECCION : Av. Pablo Cajamarca 401 Urb. Concordia - San Isidro

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Anexas 10

MUESTRA : Probetas sulfuadas de acero

FECHA : 2008.05.08

RESULTADOS:

| MUESTRA | DISCONTINUIDADES | CALIFICACION SEGUN API 1104 |
|---------|---|-----------------------------|
| NS-1 | Perforaciones de 1.4 x 0.9; 0.4 y 0.5 mm. Inclusión de escoria 0.5 x 0.2 mm. | CONFORME |
| NS-2 | Porosidad 0.3 mm. Inclusión de escoria 1.5 x 0.5 mm. | CONFORME |
| NS-3 | Perforaciones de 1.1 x 0.5; 0.2 y 1.3 x 0.5 mm | CONFORME |
| NS-4 | Perforaciones de 0.1; 0.2 y 0.3 mm | CONFORME |

Fecha de Ensayo: 2008.05.08.

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras: visualmente en buen estado.
- Las probetas ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- Los resultados ensayados fueron proporcionados hasta el día.
- Norma de Ensayo: API 1104 - 2007
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 22.7 °C

Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio para las muestras ensayadas, se refieren a las probetas ensayadas y no a las condiciones de servicio. La calificación de las probetas ensayadas se refiere a la calificación de las probetas ensayadas y no a la calificación de las probetas de servicio. La calificación de las probetas de servicio se refiere a la calificación de las probetas de servicio.

5 de 5

Ing. Juan Carlos López Torres
 Director del Laboratorio

Ing. Juan Carlos López Torres
 Director del Laboratorio

Ing. Juan Carlos López Torres
 Director del Laboratorio

3.4 ENSAYO DE IMPACTO

LABORATORIO DE MATERIALES
 Centro de Investigación y
 Tecnología Ingeniero Mecánica



UNIVERSIDAD
 CATOLICA
 DEL PERU

CONSEJO DE ASESORAMIENTO DE LA CIUDAD DE LIMA - PERU

MAT-MAY-0418/2008

ENSAYO DE IMPACTO

INFORME DE LABORATORIO

MAT-0418-08

Numero Total de Páginas: 6

SOLICITADO POR : CONDUITO PERU S.A.C.
 DIRECCION : Av. Pedro Camargo 421 Mo. Curac - San Isidro
 REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Analista De
 TPO DE ENSAYO : CHARPY
 MUESTRA : Productos de Arena (MPS) - 03
 FECHA : 2008-05-08

RESULTADOS:

| MUESTRA | TEMPERATURA DE ENSAYO (°C) | ENERGIA ABSORBIDA (JOULE) | OBSERVACIONES |
|---------|----------------------------|---------------------------|---------------|
| MB1 | 0 | 252 | --- |
| MB2 | 0 | 251 | --- |
| MB3 | 0 | 218 | --- |
| MB4 | 0 | 100 | --- |
| MB5 | 0 | 310 | --- |
| MB6 | 0 | 254 | --- |
| MB7 | 0 | 200 | --- |
| MB8 | 0 | 250 | --- |
| MB9 | 0 | 254 | --- |

Fecha de Emisión: 20080508

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras: correctamente almacenadas.
- Las muestras ensayadas fueron procesadas de acuerdo al procedimiento.
- Norma de Ensayo: ASTM E23 - 03.


Los resultados obtenidos en este informe son válidos para el uso que se le da en el momento de su emisión. No se garantiza la exactitud de los resultados si se utilizan para fines diferentes a los que fueron obtenidos. El informe es válido para el uso que se le da en el momento de su emisión. No se garantiza la exactitud de los resultados si se utilizan para fines diferentes a los que fueron obtenidos.

Director General
 Ing. Juan Carlos Rodríguez

Responsable del Laboratorio
 Ing. Juan Carlos Rodríguez


Analista
 Ing. Juan Carlos Rodríguez

4 FORMATO DE RELACION DE SOLDADORES CALIFICADOS

|  | | RELACION DE SOLDADORES CALIFICADOS | | | | | | PCAS-245-OP-C-005Prot06 INF. N°: 2 FECHA: 06-06-2008 HOJA: 1 de 1 | |
|---|-----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|--|-------------|
| Cliente: PLUSPETROL PERU CORP. S.A. | | Proyecto: FLOWLINES MALVINAS - PAGORENI & CASHIRIARI | | | | | | Frente: CASHIRIARI | |
| N° Cuño | Nombre | WPS | Proceso de Soldadura | Clase de Consumibles | Posición | Rango de Espesor (mm) | Rango de Diámetro (") | Progresión | Observación |
| 122 | QUINTEROS MATEUS ANGEL RAFAEL | PPAG-250-WP-C-004 | SMAW | AWS 5.1, AWS 5.5 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 123 | CABRERA PAZMEÑO BOLIVAR MANUEL | PPAG-250-WP-C-004 | SMAW | AWS 5.1, AWS 5.5 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 124 | SAN MARTIN OCHOA DORIAN RENE | PPAG-250-WP-C-004 | SMAW | AWS 5.1, AWS 5.5 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 125 | SAN MARTIN OCHOA FRANKLIN OVIDIO | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 126 | PALOMINO BENNETT FRANCISCO MANUEL | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 127 | ANGULO ALARCON IDYS | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | DESAFECTADO |
| 128 | COROSO ALMAN JAVIER | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 129 | LARES FREIRE JOSE LUIS | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 130 | CELORIO PINARGOTE GRENOLFO | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 131 | MONTENEGRO ESTEVEZ EDMUNDO RAUL | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 132 | QUINONEZ GUZMAN JOSE ALCIVAR | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 133 | CORDOVA ELIZALDE JOFFRE ALBERTO | PPAG-250-WP-C-004 | SMAW | AWS 5.1, AWS 5.5 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 134 | VILLARROEL BARROSO PLENIO | PPAG-250-WP-C-004 | SMAW | AWS 5.1, AWS 5.5 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 136 | SANTO CAICEDO ARROYO RIGLEXT | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 137 | GUEVARA BARSALLO JOSE ALBERTO | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 139 | ZAMBRANO VASQUEZ JHONNY GERANDO | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| 141 | TAPIA DIAZ JACINTO | PPAG-250-WP-C-004 | FCAW | AWS 5.29 | 6G | > 19.05 | > 12.750 | Descendente | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| INSPECTOR SOLDADURA: | | COORDINADOR C.C.: | | | | FISCALIZACION: | | | |
| MARCELO ALBAN | | MARCELO ALBAN | | | | | | | |
| Nombre y Firma | | Nombre y Firma | | | | Nombre y Firma | | | |

5 FORMATO DE INFORME DE RASTREABILIDAD DE JUNTA SOLDADA

JUNTA SOLDADA

|  | | | | INFORME DE RASTREABILIDAD DE JUNTAS SOLDADAS | | | | | | | | | | | | PCAS-245-OP-C-005Prot1 Rev 1 N°: 090 Fecha: 11-jul-08 Hoja: 2 de 2 | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------------|-----------------|---|---------|-------|----------|----------------------|-----|---------|-----|--------------------------|-----|---------|-----|---|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------------|------|---|---|
| Cliente: PLUSPETROL PERU CORP S | | | | Proyecto: FLOWLINES MALVINAS - PAGOREN & CASHIRARI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frente: SOLDADURA 2 | | | | Linea: 2ª DO / MALVINAS - CASHIRARI | | | | | | | | | | | | | | | | Km: 7 | | | | | | | | | |
| Número | Tubo Anterior | | | Last | Curva | | N° Junta | SOLDADORES | | | | | | | | | | | | | | | | | | INSP. VISUAL | OBS. | | |
| | Longitud (metros) | Diámetro (pulg.) | Espesor (pulg.) | | Tipo | Grado | | RAIZ | | 2° PASE | | 3° PASE | | 4° PASE | | 5° PASE | | 6° PASE | | 7° PASE | | 8° PASE | | 9° PASE | | | | | |
| | | | | | | | | I | D | I | D | I | D | I | D | I | D | I | D | I | D | I | D | I | D | | | I | D |
| ##### | 12.36 | 24 | 0.81 | J04 | LT/SAG | 6.0 | J05 | 134 | 123 | 134 | 123 | 134 | 123 | 157 | 147 | 157 | 147 | 157 | 147 | 142 | 159 | 142 | 159 | 142 | 159 | 142 | 159 | A | |
| ##### | 12.37 | 24 | 0.81 | J05 | OVER | 6.30 | J06 | 134 | 123 | 134 | 123 | 134 | 123 | 157 | 147 | 157 | 147 | 157 | 147 | 143 | 154 | 143 | 154 | 143 | 154 | 143 | 154 | A | |
| ##### | 12.32 | 24 | 0.812 | J06 | LT/OVER | 7.30 | J07 | 134 | 123 | 134 | 123 | 134 | 123 | 157 | 147 | 157 | 147 | 157 | 147 | 142 | 148 | 142 | 148 | 142 | 148 | 142 | 148 | A | |
| ##### | 12.21 | 24 | 0.812 | J07 | LT/OVER | 7.0 | J08 | 134 | 123 | 134 | 123 | 134 | 123 | 157 | 147 | 157 | 147 | 157 | 147 | 143 | 154 | 143 | 154 | 143 | 154 | 143 | 154 | A | |
| ##### | 12.36 | 24 | 0.812 | J08 | OVER | 3.30 | J09 | 134 | 123 | 134 | 123 | 134 | 123 | 157 | 147 | 157 | 147 | 157 | 147 | 142 | 159 | 142 | 159 | 142 | 159 | 142 | 159 | A | |
| ##### | 12.37 | 24 | 0.812 | J09 | RECTO | - | J10 | 134 | 123 | 134 | 123 | 134 | 123 | 157 | 147 | 157 | 147 | 157 | 147 | 143 | 154 | 143 | 154 | 143 | 154 | 143 | 154 | A | |
| WPS / PQR: PPAG-250-WP-C-004 | | | | Observaciones: A: Aprobado R: Reprobado | | | | Last: Letrado | | | | INSP.: Inspección | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INSPECTOR DE SOLDADURA: OSCAR GOMEZ | | | | COORDINADOR CC: MARCELO ALBAN | | | | FISCALIZACION: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

6. FOTOS DE PROBETAS PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

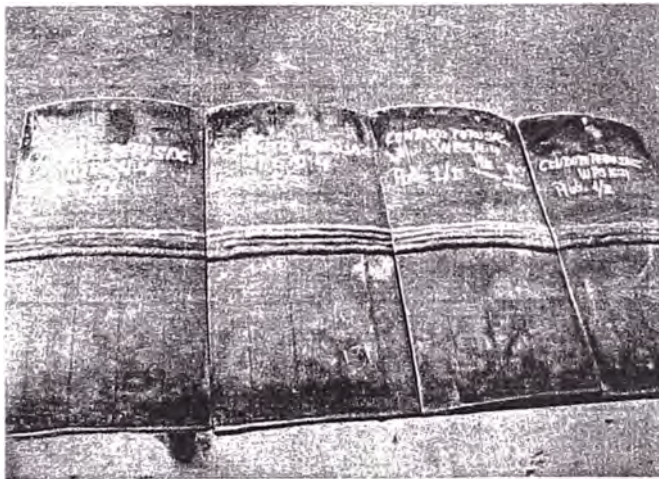
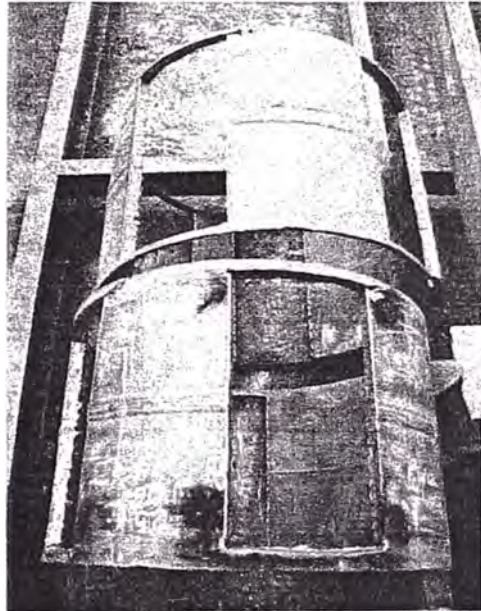


Table 2A—PSL 1 Chemical Requirements for Heat and Product Analyses by Percentage of Weight

| (1) | (2) | (3) | (4) | | (5) | (6) |
|---|---------------------------------|------------------------------------|------------|---------|--------------------|-------|
| Grade & Class | Carbon, Maximum ^a | Manganese, Maximum ^a | Phosphorus | | Sulfur, Maximum | Other |
| | | | Minimum | Maximum | | |
| Seamless | | | | | | |
| A25, C1 I | 0.21 | 0.60 | | 0.030 | 0.030 | |
| A25, C1 II | 0.21 | 0.60 | 0.045 | 0.080 | 0.030 | |
| A | 0.22 | 0.90 | | 0.030 | 0.030 | |
| B | 0.28 | 1.20 | | 0.030 | 0.030 | b, d |
| X42 | 0.28 | 1.30 | | 0.030 | 0.030 | c, d |
| X46, X52, X56 | 0.28 | 1.40 | | 0.030 | 0.030 | c, d |
| X60 ^e , X65 ^e , X70 ^e | 0.28 | 1.40 | | 0.030 | 0.030 | c, d |
| Welded | | | | | | |
| A25, C1 I | 0.21 | 0.60 | | 0.030 | 0.030 | |
| A25, C1 II | 0.21 | 0.60 | 0.045 | 0.080 | 0.030 | |
| A | 0.22 | 0.90 | | 0.030 | 0.030 | |
| B | 0.26 | 1.20 | | 0.030 | 0.030 | b, d |
| X42 | 0.26 | 1.30 | | 0.030 | 0.030 | c, d |
| X46, X52, X56 | 0.26 | 1.40 | | 0.030 | 0.030 | c, d |
| X60 ^e | 0.26 | 1.40 | | 0.030 | 0.030 | c, d |
| X65 ^e | 0.26 | 1.45 | | 0.030 | 0.030 | c, d |
| X70 ^e | 0.26 | 1.65 | | 0.030 | 0.030 | c, d |

Table 2B—PSL 2 Chemical Requirements for Heat and Product Analyses by Percentage of Weight

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|---|---------------------------------|------------------------------------|------------------------|-----------------|-------|
| Grade | Carbon, Maximum ^a | Manganese, Maximum ^a | Phosphorus, Maximum | Sulfur, Maximum | Other |
| | | | | | |
| B | 0.24 | 1.20 | 0.025 | 0.015 | b, d |
| X42 | 0.24 | 1.30 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| X46, X52, X56 | 0.24 | 1.40 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| X60 ^e , X65 ^e , X70 ^e , X80 ^e | 0.24 | 1.40 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| Welded | | | | | |
| B | 0.22 | 1.20 | 0.025 | 0.015 | b, d |
| X42 | 0.22 | 1.30 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| X46, X52, X56 | 0.22 | 1.40 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| X60 ^e | 0.22 | 1.40 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| X65 ^e | 0.22 | 1.45 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| X70 ^e | 0.22 | 1.65 | 0.025 | 0.015 | c, d |
| X80 ^e | 0.22 | 1.85 | 0.025 | 0.015 | c, d |

Footnotes to Tables 2A and 2B:

^aFor each reduction of 0.01% below the specified maximum carbon content, an increase of 0.05% above the specified maximum manganese content is permissible, up to a maximum of 1.50% for Grades X42 through X52, up to a maximum of 1.65% for grades higher than X52 but less than X70, and up to 2.00% for Grades X70 and higher.

^bColumbium [niobium], vanadium, titanium, or combinations thereof may be used by agreement between the purchaser and manufacturer.

^cColumbium [niobium], vanadium, titanium, or combinations thereof may be used at the discretion of the manufacturer.

^dThe sum of the columbium [niobium], vanadium, and titanium contents shall not exceed 0.15%.

^eOther chemical compositions may be furnished by agreement between purchaser and manufacturer, providing that the limits of Footnote d, and the tabular limits for phosphorus and sulfur are met.