UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE CONTINGENCIA EN EL DUCTO PERUANO DE LÍQUIDOS DE GAS NATURAL NGL – SECTOR SIERRA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR IRVIN SAMAMÉ TORRES

LIMA – PERÚ

2014

Dedicado a mis padres por apoyo incondicional;

migos con sus aportaciones y observaciones.

Resumen

El presente trabajo de investigación desarrollado y aplicado al rubro de hidrocarburos en la especialidad de Gas Natural (NG) y Líquidos de Gas Natural (NGL), “Diseño y Análisis de un Sistema de Contingencia en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL – Sector Sierra”, se estableció en cinco capítulos que permitió explicar y detallar la planificación, organización, ejecución y control del proyecto multidisciplinario de las Ingenierías Mecánica y Electrónica.

La elaboración de la tesis de investigación se realizó en base al conjunto de etapas que involucra la ingeniería en los proyectos industriales. Se estructuró el cuerpo de la tesis primeramente en el diseño de construcción del By Pass, ingeniería de soldadura y ensayos no destructivos, prueba hidrostática y perforación – sellado, combustión del gas y prevención de la corrosión; y finalmente, costos y rentabilidad en la tesis de investigación.

Introducción General

En la actualidad, el rubro de hidrocarburos en el Perú se ha venido desarrollando y profundizando, específicamente, en la explotación, transporte, distribución y comercialización del Gas Natural y Líquidos de Gas Natural del yacimiento de Camisea del Departamento de Cusco.

A consecuencia del poco conocimiento en el Gas Natural y Líquidos de Gas Natural en el Perú, la etapa de industrialización del combustible mencionado se ha ejecutado bajo el direccionamiento de personal extranjero que cuentan con la acreditación y experiencia en el rubro, generando el desplazamiento con suma razón de profesionales peruanos de las ramas de las ingenierías.

El presente proyecto de investigación desarrollado y ejecutado en el departamento de Ayacucho, busca brindar y compartir el conocimiento a los nuevos profesionales jóvenes en las ramas de Ingenierías, en especial, la Ingeniería Electrónica y su interacción de ella en un proyecto multidisciplinario.

El proyecto de Tesis “Diseño y Análisis de un Sistema de Contingencia en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL – Sector Sierra” presentado para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Electrónico, está estructurado en cinco capítulos que detalla las etapas de planificación, organización, ejecución y control del proyecto aplicado a los normas internacionales ASME B31.4 y API 1104.

El capítulo I, Descripción del Sistema y Diseño de Construcción del By Pass – Accesorios del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL, se realiza la descripción del Sistema del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural basado en los antecedentes hallados en Perú en el rubro gasífero como los proyectos Perú LNG y Camisea. Además, se diseña la Construcción del By Pass, selección de ductos, accesorios y válvulas basándonos en la norma ASME B31.4.

El capítulo II, Ingeniería de Soldadura y Ensayos No Destructivos en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL, la primera sección de este capítulo se detalla los pasos previos a la etapa de la soldadura que se considera: relevamiento de espesores, calificación de soldadores y procedimientos de soldadura . La segunda sección explica los ensayos no destructivos después de la fase de soldadura, ente ellos se encuentran la inspección visual, tintes penetrantes, placas gamma gráficas, dureza y ultrasonido que permitirá tener el criterio de aceptación del cordón de soldadura basado en la norma ASME B31.4 y API 1104.

El capítulo III, Prueba Hidrostática y Perforación – Sellado en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL, se implementará en la sección de Prueba Hidrostática, la instrumentación y accesorios que asegurará si la tubería está apta para ser puesta en operación. En adición, la etapa de Perforación – Sellado tendrá como implementación de equipos especializados en actividades de Hot Tap y Stop Line de tuberías en servicio como es el caso del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL.

El capítulo IV, Combustión del Gas y Prevención de la Corrosión en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL, se detallará la etapa de Combustión del Gas basado en la implementación de separadores industriales e instrumentación aplicados al rubro de hidrocarburos. La sección de Prevención de la Corrosión se menciona la aplicación de técnicas preventivas de la corrosión como: Protección Catódica e Inspección y Ensayos por Recubrimientos.

Finalmente, el capítulo V, Costos y Rentabilidad en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL, se analizará a nivel económico el Costo utilizado en el proyecto desarrollado en todos aspectos como: materiales, herramientas, personal, maquinarias y transporte. La rentabilidad se hará referencia al análisis de producción de barriles de NGL y el costo que genera el mismo desde el 2012, 2013 y 2014; el cual determinará la rentabilidad del proyecto ejecutado.

Índice

Resumen 3
Introducción General 4
Capítulo I: Descripción del Sistema y Diseño de Construcción del By Pass – Accesorios del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 9
1.1 Descripción del Sistema del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 9
1.1.1 Introducción 9
1.1.2 Problemática Situacional 10
1.1.3 Objetivos: General y Específico 10
1.1.4 Antecedentes 11
1.1.5 Marco Teórico 20
1.1.6 Sistema del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 37
1.2 Diseño de Construcción del By Pass – Accesorios del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 38
1.2.1 Detección de Anomalía en el Ducto de Líquidos de Gas Natural NGL 38
1.2.2 Selección de Ductos para la Construcción del By Pass 40
1.2.3 Selección de Accesorios para la Construcción del By Pass 41
1.2.4 Selección de Válvulas para la Construcción del By Pass 43
1.2.5 Esquema de Construcción del By Pass 46
Capítulo II: Ingeniería de Soldadura y Ensayos No Destructivos en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 50

2.1 Ingeniería de Soldadura en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 50
2.1.1 Relevamiento de Espesores 50
2.1.2 Calificación de Soldadores 51
2.1.3 Procedimientos de Soldadura 51
2.2 Ensayos No Destructivos en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 52
2.2.1 Inspección Visual 52
2.2.2 Prueba de Tintes Penetrantes 53
2.2.3 Prueba de Placas Gamma gráficas 54
2.2.4 Prueba de Dureza 55
2.2.5 Prueba por Ultrasonido 56
Capítulo III: Prueba Hidrostática y Perforación – Sellado en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 59
3.1 Prueba Hidrostática en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 59
3.1.1 Selección e Implementación de Manómetros 59
3.1.2 Selección e Implementación de Válvulas 60
3.1.3. Implementación de Registrador de Presión 61
3.1.4 Implementación de Registrador de Temperatura 62
3.1.5 Implementación de la Balanza de Peso Muerto 63
3.1.6 Implementación de Motobomba de Alta Presión 63
3.2 Perforación – Sellado en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 64
3.2.1 Selección e Implementación de Equipo de Perforación 64
3.2.2 Selección e Implementación del Equipo de Sellado 71
Capítulo IV: Combustión del Gas y Prevención de la Corrosión en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 75

4.1 Combustión del Gas en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 75
4.1.1 Implementación de Tanques de Choque 75
4.1.2 Implementación de Flares o Quemadores 76
4.2 Prevención de la Corrosión en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 76
4.2.1 Técnica de Protección Catódica 76
4.2.2 Técnica de Inspección y Ensayo de Recubrimientos 78
Capítulo V: Costos y Rentabilidad en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 82
5.1 Costos en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 82
5.2 Rentabilidad en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL 85
Conclusiones 88
Referencias Bibliográficas 93
ANEXOS 95
Anexo 01: Pig Inteligente para inspección de tuberías 95
Anexo 02: Válvula Sándwich 97
Anexo 04: Calificación de Soldador 107
Anexo 05: Especificación de Procedimiento de Soldadura 114
Anexo 06: Medidor de Dureza de Materiales 137
Anexo 07: Equipo de Inspección por Ultrasonido 138
Anexo 08: Registrador de Presión y / o Temperatura 142
Anexo 09: Balanza de Peso Muerto 153
Anexo 10: Equipo de Medición de Perfil de Anclaje 154

Capítulo I: Descripción del Sistema y Diseño de Construcción del By Pass – Accesorios del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

1.1 Descripción del Sistema del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

1.1.1 Introducción

Las investigaciones de las diferentes ciencias aplicadas han generado la evolución de productos tecnológicos, que ante nuestra vida somos testigos y participantes directos del avance de las ramas de la ingeniería.

En este estudio trataremos la convergencia de dos ramas de la ingeniería basada en las ingenierías electrónica y mecánica, desarrolladas simultáneamente en el sector gasífero.

Los pilares de esta investigación a realizar, será la electrónica industrial y mecánica que nos permitirá fundamentar el desarrollo del presente trabajo aplicado al rubro de hidrocarburos en el Perú. Ambas especialidades permitirán realizar el diseño y análisis de un sistema de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL ante una situación de ruptura del ducto.

La metodología en este proyecto de tesis será el método de investigación cuantitativa, debido a que se ajusta mejor la investigación a desarrollar. Además, será experimental debido a que se aplicó los procesos de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL en la comunidad de Cachi - Ayacucho.

1.1.2 Problemática Situacional

Los avances en las diferentes especialidades de las ingenierías en el mundo de hoy, permiten que se promuevan y ejecuten nuevos proyectos en los sectores de minería, hidrocarburos y energía, en beneficio del avance y crecimiento del Perú.

Particularmente, las empresas transnacionales apuestan la inversión y desarrollo en nuestro territorio conformados dentro de su organización con profesionales extranjeros en su mayoría altamente competentes.

La falta de participación de profesionales jóvenes en proyectos nacionales de gran envergadura, aumenta el desconocimiento del cómo se planifica, organiza, ejecuta y controla las diversas etapas de ingeniería y construcción, especialmente, en la vanguardia del sector gasífero. Ante esta problemática que afronta los profesionales jóvenes en las diferentes especialidades, se requiere solucionar dicha dificultad, consiguiendo desarrollar un diseño y análisis de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL.

1.1.3 Objetivos: General y Específico

El presente proyecto de tesis tiene los siguientes objetivos:

Objetivo General

Diseñar y analizar el sistema de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL basado en ASME B31.4 y API 1104.

Objetivos Específicos

Elaborar los procesos de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL basado en ASME B31.4 y API 1104.

Analizar particularmente las etapas de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL basado en ASME B31.4 y API 1104.

1.1.4 Antecedentes

Proyecto de Obras Civiles, Metálicas, Electricidad e Instrumentación 4to Filtro F-3101D y Válvula Antichoque en PCCH – Ayacucho (2013-2014). El proyecto en mención constituyó para la empresa Techint Ingeniería & Construcción la adjudicación del proyecto multidisciplinario de la empresa Compañía Operadora de Gas del Amazonas COGA. Dicho proyecto se realizó en el periodo comprendido desde Octubre del 2013 a Marzo del 2014, formó parte del programa de proyectos de expansión del Sistema de Transporte de Gas Natural y Líquidos debido al incremento de la producción que inicia desde la Planta Central en Malvinas – Cusco destinado para la exportación del hidrocarburo a través de la Planta Melchorita – Cañete ya que hubo saturación de los tres primeros filtros de gas natural de 34" de diámetro F-3101A, F-3101B y F-3101C.[21].

Proyecto de Obras Civiles, Metálicas, Electricidad e Instrumentación; Instalación de By Pass de Calidda – Fenix Power - Chilca (2013). El proyecto adjudicado en beneficio de Techint Ingeniería & Construcción a través de la Compañía Operadora de Gas del Amazonas COGA. Consistió en la construcción de By Pass para el Cliente Central Termoeléctrica Fenix Power en las especialidades como civil, metálica, electricidad e instrumentación con la finalidad de generar la vinculación del ramal de 10" de diámetro hacia la central. El proyecto tuvo una duración aproximada de seis meses, iniciando desde marzo del 2013 hasta setiembre del 2013 [22].

Proyecto Peru LNG (2007-2009). El comienzo de 2008 marcó el lanzamiento de diversas actividades en el proyecto PERU LNG. Estos primeros avances se están desarrollando en el sector oeste, localizado en la región de la Costa. Allí, las obras se realizan bajo responsabilidad de Luis De Benito (Jefe de Línea del Proyecto). En este tramo, se están completando los trabajos de apertura de pista, que va desde el kilómetro 408 hasta la ciudad de Pisco. Las tareas comenzaron en Pampa Melchorita, hasta donde se transportará el

gas natural extraído en los yacimientos de Camisea. De Benito señala que esta fase "avanza de acuerdo a lo previsto en el programa. Participan 40 personas, y se emplean retro excavadoras Caterpillar 320, motoniveladoras, palas cargadoras y camiones volcadores" [1].

Entre fines de octubre y fines de diciembre de 2007, se realizaron cuatro envíos de equipos por vía marítima, que representaron un total de 3.882 toneladas. Los materiales procedían de distintas partes del mundo como Estados Unidos, Europa y Sudamérica. "Los embarques llegaron a destino sin haber registrado accidentes en las operaciones", indica Omar Hernández, asistente de la Gerencia de Mantenimiento en PERU LNG [1].

También hubo otro hito importante en el que no se registraron accidentes: la llegada de los tubos. Arribaron al puerto de Pisco entre el 7 y el 11 de diciembre del 2007[1].

En total, sumaron 4.498 unidades de 34" de diámetro, que fueron bajadas, transportadas y acopiadas sin inconvenientes. En lo que respecta a las dificultades técnicas, cabe destacar un proceso que garantiza el cumplimiento de una fase clave: la soldadura. El proyecto se desarrolla en gran parte en alturas superiores a los 4.000 msnm, situación que genera dificultades particulares en la soldadura, como potenciales problemas de porosidad [1].

En la zona más cercana a Pampa Melchorita del sector Western (o Costa), el paisaje está dividido en dos por un camino que serpentea entre dunas irregulares: de un lado, se adivina el mar en un horizonte brumoso y revuelto; del otro, y más allá de las zonas arqueológicas demarcadas, los diversos tonos de verde se confunden con el terreno casi desierto [2].

En este ámbito, los trabajos de Techint Ingeniería y Construcción avanzan sobre un terreno favorable (a diferencia de la Sierra, donde hay pendientes y nieve), ya que la casi nula presencia de roca evita cualquier interferencia con la actual fase [2].

Acerca del equipo que ejecuta estas tareas, destaca que “está muy consolidado, logrando un trabajo armónico y organizado que minimiza los tiempos muertos”. En la fase actual se suelda un caño cada 6 o 7 minutos, por lo tanto resulta fundamental lograr una sincronización efectiva entre máquinas y personal para cumplir los objetivos [2].

Si bien se apunta a realizar al menos 74 soldaduras por día, el promedio diario ha llegado, en las últimas semanas a 90. El 21 de julio se alcanzó el récord de 105 costuras de una tubería de 34” de diámetro y de 0,750” de espesor de pared, de acero de calidad X70. Además, el índice de reparación fue de tan sólo 5,5% [2].

Las obras del Central Spread de PERU LNG están llegando al 70% de avance. En la costa se realizaron trabajos de soldadura a 4.901 msnm, la mayor altitud histórica para un proyecto de pipelines [3].

La alta relevancia del proyecto PERÚ LNG para el Perú y para el continente americano, obedece a varios factores. Se trata del emprendimiento que cuenta con la mayor inversión en infraestructura de ese país, y constituye la primera planta de gas natural licuado (LNG) existente en América latina. Demandó una inversión total de 3.800 millones de dólares y las obras incluyeron, además de la planta, la construcción de un terminal marítimo, un muelle de 1,3 km de extensión, una plataforma de carga de gas; y un gasoducto de 408 km de longitud, que tiene 34 pulgadas de diámetro, y transporta el gas natural desde este punto de conexión en los Andes de Ayacucho hasta la Planta de LNG ubicada en la costa. Allí, se reduce la presión de entrada del gas natural y se remueven las impurezas en el tren del proceso. Luego, a través de un proceso de enfriamiento, su volumen se ve reducido 600 veces, y se facilita de esta manera su almacenamiento y transporte [4].

El consorcio encargado de desarrollar, construir y operar PERÚ LNG estuvo integrado desde el inicio por cuatro compañías: Hunt Oil Company (50%), SK Energía de Corea del Sur (20%), Repsol (20%) y Marubeni Corporation de Japón (10%). Techint Ingeniería y Construcción fue la empresa elegida por ellos para llevar a cabo la obra del gasoducto [4].

Desde el comienzo, el proyecto fue un desafío para TEIC. Los retos abarcaban varios aspectos de la obra: por un lado, los trabajos debían realizarse en geografías diversas, con un clima adverso, y con plazos de entrega muy exigentes por parte del cliente y, por otro lado, la relación con las comunidades participantes debía ser fluida [4].

Es interesante analizar cuáles son las claves para lograr el éxito de un proyecto. En el caso de PERÚ LNG los factores son varios, quizás uno de los más relevantes es el aprendizaje que capitalizó TEIC luego de la experiencia obtenida en el proyecto Camisea. Desde la concepción de la oferta, el objetivo fue analizar exhaustivamente todos los detalles de la obra para no dejar nada librado al azar. Por norma de la compañía, la oferta fue elaborada por un grupo interdisciplinario del que participaron todos los sectores funcionales. Cada uno de ellos estudió en forma independiente qué características tendría su team en la obra y qué recursos iban a ser necesarios [4].

Proyecto Camisea (2002-2005). Techint, está desarrollando los trabajos correspondientes al proyecto de transporte de gas natural a la ciudad de Lima y el transporte de condensados al litoral peruano desde Yacimiento Camisea, en Perú. Para ello, el proyecto contempla la construcción de un gasoducto de más de 700 kilómetros de longitud, que conectará al Campo Camisea con la ciudad de Lima, más un poliducto de condensados de casi 550 kilómetros de extensión. También está previsto el suministro de estaciones de bombeo y reducción, además de un sistema SCADA comunicado con fibra óptica y red satelital [5].

El Gobierno de la República Perú llamó a oferentes para adjudicar bajo un régimen de concesión bajo la modalidad de BOOT, Build, Own, Operate and Transfer, el transporte del gas natural de Camisea [5].

El consorcio seleccionado fue el constituido por las empresas Pluspetrol (Argentina), Hunt Oil (USA), Grana Montero (Perú), Sonatrach (Argelia), SK Coporation (Korea) además de las empresas de la Organización Techint, Tecgas Camisea S.A. y Tecgas NV (Operador), quienes han constituido la sociedad Transportadora de Gas del Perú (TGP), adjudicataria del contrato de concesión de transporte por el término de 33 años (prorrogable hasta 60 años). El Proyecto Camisea tendrá significativa incidencia en la aceleración del proceso de

industrialización del Perú, dado que aparte de generar el desarrollo de nuevos proyectos petroquímicos, permitirá una reducción promedio del orden del 39 por ciento del déficit comercial de hidrocarburos que tiene el país. También posibilitará una disminución significativa del costo de generación eléctrica, y un ahorro industrial por sustitución de más de 1.900 millones de dólares [5].

La construcción comenzó en seis frentes simultáneos, cubriendo los sectores de selva y sierra. Vale destacar que en la selva sólo se puede trabajar entre los meses de abril y octubre, debido al régimen de lluvias. Los trabajos de construcción demandarán la utilización de más de 600 equipos pesados, 150 camiones y 170 vehículos livianos. En tanto, en el pico máximo de la obra serán alrededor de 3.000 los trabajadores directos abocados [6].

De acuerdo a lo establecido en el contrato, la obra deberá quedar completamente terminada en mayo de 2004 [6].

El conjunto de inversiones del Megaproyecto Camisea, involucrando la Concesión para la Explotación, la Concesión para el Transporte y la Concesión para la Distribución de gas en Lima asciende a aproximadamente 1.500 millones de dólares. La sociedad TGP ha contratado a diferentes compañías integrantes de Techint Ingeniería y Construcciones para la ejecución del 100 por ciento del proyecto, bajo la modalidad EPC, Engineering, Procurement & Construction [6].

Techint International Construction Corp. (TENCO) y Techint Compañía Técnica Internacional S.A.C., en alianza con la empresa peruana Graña y Montero S.A., están iniciando los trabajos para Tractebel del proyecto de distribución de gas en media y baja presión para la ciudad de Lima y El Callao. El proyecto que se ejecutará bajo la modalidad Lump Sum-Turn Key, comprende la construcción de un gasoducto de 61 kilómetros de extensión, con cañería de 20” de diámetro. La traza recorre la zona urbana de Lima, de sur a norte, pasando por calles y avenidas céntricas de esta ciudad. Para llegar a los grandes consumidores se construirán ramales por un total de 25 kilómetros, con sus respectivas estaciones reductoras de presión, en diámetros de entre 3” y 10”. En el sur de Lima se construirá la

denominada City Gate, donde además de las instalaciones de regulación, control y trampa scraper, se realizaran las oficinas e instalaciones necesarias para la operación y mantenimiento del sistema [7].

Como en toda obra ejecutada por Techint, el rubro seguridad ha sido muy valorado a la hora de diagramar el proyecto. En este sentido, está prevista la utilización de elementos de seguridad tales como válvulas de bloqueo, seccionadoras e instrumental para medición, control de fugas y comando a distancia, que serán operados automáticamente por un sistema SCADA. Con relación al ritmo de los trabajos, actualmente la ingeniería se está desarrollando en Buenos Aires, etapa que a la fecha cuenta con un avance del 40 por ciento [7].

El proyecto Camisea en Perú es uno de los más complejos que ha realizado Techint en su historia: dificultades geográficas, climáticas y sociales; las particularidades de la selva amazónica; plazos muy ajustados e incluso la aparición de movimientos guerrilleros cercanos a la obra [7].

Entrevistamos al Project Director, Mario Dell'Acqua, para conocer los desafíos ya superados y las perspectivas de los que aún deberán enfrentar [7].

Ing. Dell'Acqua, ¿cuáles han sido los mayores retos desde que usted tomó la dirección de la obra? El primer desafío fue organizacional, y consistió en redimensionar la estructura de este proyecto para su tamaño. Cuando Daniel Sammartino me pidió que venga, discutimos mucho acerca de cómo podíamos hacer para asegurar operativamente la ejecución de esta obra, teniendo en cuenta las dificultades físicas, geográficas y de aislamiento que tiene, ya que además de la magnitud de los trabajos, los diámetros, el hecho de tener dos tubos en un mismo right of way, tiene la complejidad de atravesar al menos cuatro geografías bien diferenciadas: la selva, la ceja de selva, la sierra alta y la costa. Es un proyecto gigante, y realmente tuvimos que hacer un gran esfuerzo para diseñar una estructura que lo opere en forma efectiva, sobre todo teniendo en cuenta mi falta de experiencia en pipelines. Para ello contamos con la ayuda y la

entrega de personas que son absolutamente conocedoras de este oficio, como Leonardo Lonfrida y "sus chicos" (se refiere a los 'autodenominados' Jurassic Jungle Team: Eduardo Lema, Domingo Fiasché, Humberto Perín, Miguel Lombardi, "Jumbo" Zanabria, quienes desde hace años trabajan en pipelines, y superan en general los 35 o 40 años en Techint), que se han entregado a pesar de la edad con una fuerza y energía propias de la juventud [7].

Desde el punto de vista operativo en sí, como todos sabemos, el gran desafío fue la selva, que era y va a seguir siendo prístina, y presenta una importante complejidad logística. En verdad, solo la decisión de Leonardo Lonfrida hizo que yo me quedara tranquilo. Recuerdo el momento en que Sammartino pidió una revisión de toda la estrategia de la parte más crítica, que era el desfile de los tubos arriba de los 152 kilómetros de selva con cuatro puntos de acceso. Se esbozaron soluciones de lo más variadas, con costos exorbitantes, pero por suerte Leo tenía muy clara la forma de hacerlo; lo pensó bien y junto con Carlos Coletto lo ejecutó aún mejor, y hoy ese desafío tan grande que teníamos ya es un recuerdo, y van a quedar solo las anécdotas y alguna que otra "cana". De hecho, a mediados de agosto completamos la soldadura en selva de la tubería de 14" para líquidos de gas, gracias al tesón de todo este grupo [7].

A nivel operativo y de construcción ¿cuáles son los puntos más difíciles del proyecto? Lo más complejo es la logística: en principio, llevar al personal, ver que esté bien acomodado y seguro; por eso hemos diseñado todo el sistema de campamentos, incrementando el número y distribuyéndolos estratégicamente, creando además equipos especiales para transportar a la gente. En segundo término, llevar los materiales, para lo cual se hizo una ingeniería de máquinas, herramientas y útiles. Los 120 kilómetros de tuberías pudimos entrarlos sin accidentes por el caminito Calca-Kiteni, y esto fue una proeza teniendo en cuenta las características de esta ruta. Y después hubo que llevarlos desde Kiteni hasta Chimparina, Kepashiato, Itariato por caminos estrechos y sinuosos. Algunos incluso llegaron desde Pucallpa con barcazas [7].

En cuanto a los puntos más críticos, podemos mencionar el cruce del Comerciato (con dos pendientes de 75°), el camino de Pacobamba y la bajada de Huáncano; también Yucay y el cruce del Apurímac [7].

“La bajada de Huáncano es la transición entre la sierra alta –donde la implantación del ducto se encuentra por encima de los 4.200 metros sobre el nivel del mar– y el inicio del sector costa. La traza desciende abruptamente hasta la planta reductora de presión #2, que se ubica aproximadamente en cota de 2000 metros sobre el nivel del mar. Desde allí los ductos acometen la quebrada de Huáncano hasta llegar al valle de Pisco a 1100 msnm, para después moverse hasta el mar”, describe Pablo Videla, responsable de este tramo de la obra [7].

“Esa primera etapa comenzó a principios de agosto y nos llevará alrededor de un mes. Luego vamos a iniciar el montaje mecánico, con el sistema de poleas y cables. Los dos ductos en este sector (el de gas y el de LGN) van instalados en zanja común. El tramo más complejo de la bajada es de alrededor de 300 mts, donde se presenta un cambio de dirección, lo cual hace más complejo el montaje. Ambos ductos serán montados soldando gradualmente de arriba hacia abajo tubo a tubo, y estimamos su completamiento en aproximadamente dos meses”, finaliza Pablo [7].

Fueron casi tres años de desafío constante en toda la geografía peruana: 731 kilómetros de gasoducto y 560 kilómetros de ducto de líquidos de gas natural, atravesando la selva, la sierra y la costa; más de 160 cruces especiales de ríos o bajadas abruptas y pendientes pronunciadas; 12.000 trabajadores en el pico de la obra; dificultades de seguridad del personal; altos estándares de cuidado del medio ambiente y zonas protegidas; multiplicidad de restos arqueológicos a lo largo del trazado; comunidades nativas nunca antes contactadas [8].

Hoy, el OCP ya está bombeando crudo, y la construcción en Camisea terminó, restando tan solo la puesta en marcha que se seguirá desarrollando durante 12 meses más. Todo el esfuerzo puesto por quienes participaron tuvo sus frutos, y las tareas terminaron en tiempo y forma. Hablamos con algunos de los protagonistas, muchos de los cuales se encuentran ya trabajando en nuevos desafíos [8].

“El desarrollo de las reservas de Camisea es un proyecto que comenzó hace varios años”, explica Leonardo Ionfrida, quien participó en la definición del trazado original, y en el 2003 se hizo cargo de la gerencia de construcción en el sector Selva. “Los campos fueron

descubiertos entre 1983 y 1987 por Shell, y en 1988 se firmó un acuerdo entre esta empresa y Petroperú (luego se transformaría en un consorcio con Mobil), para la explotación de las reservas del yacimiento. En 1996, Shell invitó a dos consorcios para participar en el design competition [8].

Techint formaba parte del consorcio opuesto, liderado por Fluor Daniel, y como socio local participaba Graña y Montero. La ruta propuesta por Shell presentaba grandes dificultades, y entonces buscamos una ruta alternativa. Después de varios años de negociaciones, en 1998 el consorcio Shell/Mobil anunció su decisión de no continuar con la segunda parte del contrato [8]."

En febrero de 2000, luego de un proceso de licitación pública internacional, el Gobierno peruano otorgó la licencia por 40 años para la explotación de los campos de Camisea a un consorcio liderado por Pluspetrol Perú Corporation, con la participación de Hunt Oil Company, SK Corporation y Tecpetrol. En diciembre de ese mismo año, otro consorcio liderado por Tecgas, con la participación de Pluspetrol Resources Corporation, Hunt Oil Company, SK Corporation, Sonatrach Petroleum Corporation, Graña y Montero y luego Tractebel, resultó adjudicatario de la licencia por 33 años del transporte de gas natural y líquidos de gas natural hasta Lima y Pisco respectivamente, y la distribución de gas natural en Lima y Callao [8].

Transportadora de Gas del Perú S.A. (TGP) es la empresa formada por el consorcio adjudicatario para desarrollar las Licencias de Transporte de NG y LGN, que contrató a Techint para el sistema de transporte. Además de los ductos, el sistema de gas cuenta con 22 válvulas de bloqueo en la línea y 3 puntos de derivación (en Cusco, Ayacucho y Pisco); y el sistema de transporte de líquidos de gas incluye 4 estaciones de bombeo para subir hasta los 4.860 metros sobre el nivel del mar, y 3 estaciones reductoras de presión, así como 19 válvulas de bloqueo y 9 válvulas de retención. TEI&C se encargó también de la instalación del sistema de SCADA, control y comunicaciones, que permitirá monitorear en forma constante las variables relacionadas con el buen funcionamiento de los ductos [8].

Los 41 meses que llevó la construcción del sistema de trasporte de Camisea estuvieron marcados por un rasgo singular, el gran desafío logístico que implicaba el avance de la obra. Los ductos atraviesan cuatro regiones muy distintas entre sí: el área de la selva amazónica, en su mayor parte inhabitada y sin caminos de acceso, con abundante flora y lluvias constantes; el sector de ceja de selva, con un clima y vegetación similares al anterior, pero en una geografía montañosa de pendientes pronunciadas; la región de los Andes, llegando a los 4.800 metros de altura, con asentamientos rurales y legados arqueológicos conocidos a nivel mundial; y un recorrido final en la costa, a través del cordón de mayor desarrollo industrial del Perú, en valles y planicies [8].

1.1.5 Marco Teórico

El Gas Natural NG y Líquido de Gas Natural NGL

El gas natural es una mezcla gaseosa combustible de compuestos de hidrocarburos simples, por lo general se encuentran en depósitos subterráneos profundos formados por roca porosa. El gas natural es un combustible fósil compuesta casi en su totalidad de metano, pero contiene pequeñas cantidades de otros gases, incluyendo etano, propano, butano y pentano. El metano se compone de una molécula de un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno [9].

El gas natural se utiliza ampliamente en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales. Es la energía más utilizada para la calefacción de los hogares con más de un 50% de los hogares estadounidenses que utilizan gas. El uso de gas natural también está creciendo rápidamente en la generación de energía eléctrica, y como combustible para el transporte [9].

El gas natural es la quema más limpia de los combustibles fósiles que producen principalmente dióxido de carbono, vapor de agua, y pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno. Otros combustibles fósiles son el carbón y el petróleo, que junto con el gas natural, representan más del 85% del consumo de energía de EE.UU [9].

La teoría científica que prevalece es que el gas natural se formó hace muchos años, cuando las plantas y los pequeños animales marinos fueron enterrados por la arena y la roca. Las capas de lodo, arena, roca, planta y animal siguieron acumulando hasta que la presión y el calor de la tierra, los convirtieron en petróleo y gas natural [9].

El gas natural (metano) es el más limpio de todos los combustibles fósiles. Los principales productos de la combustión de gas natural son el dióxido de carbono y vapor de agua [10].

El carbón y el petróleo liberan niveles más altos de emisiones nocivas, entre ellas una mayor proporción de las emisiones de carbono, óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO2). El carbón y el petróleo son combustibles que también liberan partículas de ceniza en el ambiente, las sustancias que no se queman sino que se realizan en la atmósfera y contribuyen a la contaminación. La combustión de gas natural purificado, por otro lado, libera cantidades muy pequeñas de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, prácticamente no importa cenizas o partículas, y niveles más bajos de dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros hidrocarburos reactivos [10].

En tanto, el líquido de gas natural NGL, se establece cuando el gas se produce a presiones inferiores a la presión de flujo de ventas típica (700 a 1.000 psi), este comprime a la presión de gas de venta. Transporte de gas de venta se realiza a alta presión para reducir el diámetro de la tubería. Las tuberías podrán operar a presiones muy altas (por encima de 1.000 psig) para mantener el gas en la fase densa, evitando así la condensación y flujo de dos fases. Compresión normalmente requiere de dos a tres etapas para alcanzar la presión de gas de venta. Como estado previamente, el procesamiento se puede realizar después de la primera o segunda etapa, antes de la compresión de las ventas [10].

La compresión se utiliza en todos los aspectos de la industria de gas natural, incluyendo la elevación de gas, la reinyección de gas para sistemas de distribución de mantenimiento de presión, recolección de gas, las operaciones de procesamiento de gas (distribución de gas a través del proceso o sistema), la transmisión y la reducción del volumen de gas para el envío de camiones cisterna o para su

almacenamiento. En los últimos años, ha habido una tendencia hacia el aumento de presiones de funcionamiento de tuberías. Los beneficios de funcionar a presiones superiores incluyen la capacidad de transmitir grandes volúmenes de gas a través de un determinado tamaño de la tubería, las pérdidas de transmisión más bajas debido a la fricción, y la capacidad de transmitir de gas a través de largas distancias sin estaciones adicionales que incrementan [10].

Cuando el gas natural se enfría aproximadamente a temperatura -160 °C (-260 ° F) a presión atmosférica, se condensa a un (gas natural licuado; GNL) líquido. El volumen de este líquido ocupa aproximadamente 1/600 del volumen de gas natural. El gas natural licuado pesa menos de la mitad que la del agua, en realidad aproximadamente el 45%. El gas natural licuado es inodoro, incoloro, no corrosivo y no tóxico. Cuando vaporizado se quema sólo en concentraciones de 5% a 15% cuando se mezcla con el aire. Ni el gas natural licuado, ni su vapor, pueden explotar en un ambiente confinado. Dado que el gas natural licuado ocupa menos volumen y peso, presenta opciones más convenientes para el almacenamiento y transporte [10].

ASME B31.4 – Sistemas de Transporte por Tuberías de Hidrocarburos Líquidos y Otros Líquidos

El Código establece los requisitos de ingeniería que se consideren necesarias para la seguridad del diseño y la construcción de la tubería de presión. Si bien la seguridad es la consideración básica, este factor por sí solo no establece necesariamente las especificaciones finales para cualquier sistema de tuberías [11].

En la máxima medida posible los requisitos del Código para el diseño se expresan en términos de principios y fórmulas básicas de diseño. Estos se complementan según sea necesario con los requisitos específicos para asegurar la aplicación uniforme de los principios, y para orientar la selección y aplicación de elementos de tuberías [11].

Esta sección incluye Código [11]:

- Las referencias a las especificaciones de materiales y estándares aceptables, inclusive los requisitos de dimensiones y capacidades de presión y temperatura.

- Los requisitos para el diseño de componentes y conjuntos, incluyendo soportes de tubería.

- Requisitos y datos para la evaluación y la limitación de las tensiones, reacciones, y los movimientos asociados con la presión, los cambios de temperatura, y otras fuerzas.

- La orientación y las limitaciones en la selección y aplicación de materiales, componentes y métodos de unión.

- Los requisitos para la fabricación, ensamblaje y montaje de tubería.

- Los requisitos de examen, inspección y prueba de tuberías.

- Los procedimientos de operación y mantenimiento que son esenciales para la seguridad pública.

- Las disposiciones para la protección de tuberías de la corrosión externa y la corrosión interna / erosión.

API 1104 – Soldadura de Tuberías e Instalaciones Relacionadas

Esta norma cubre el gas y la soldadura por arco de tope, filete y soldaduras socket en carbono y tubos de acero de baja aleación utilizada en la compresión, bombeo y transmisión de petróleo crudo, productos petrolíferos, gases combustibles, dióxido de carbono, nitrógeno y, en su aplicable, cubre la soldadura en los sistemas de distribución.

Se aplica a la nueva construcción y en la soldadura por servicio. La soldadura se puede realizar una soldadura por arco metálico protegido, soldadura por arco sumergido, soldadura por arco de tungsteno con gas, soldadura por arco metálico con gas, soldadura por arco con

núcleo de fundente, soldadura por arco de plasma, soldadura oxiacetilénica, o el proceso de soldadura a tope o por una combinación de estos procesos usando una técnica de soldadura manual, semiautomático, mecanizado, o automática o una combinación de estas técnicas.

Las soldaduras pueden ser producidos por la posición o la soldadura rollo o por una combinación de posición y de soldadura rollo.

Este estándar también abarca los procedimientos para radiográfica, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, y pruebas de ultrasonido, así como las normas de aceptación para ser aplicados a las soldaduras de producción probados a la destrucción o inspeccionado por radiográfica, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrasonidos, y las pruebas visuales métodos.

Los valores indicados en unidades pulgada libra o en unidades SI deben ser considerados como los estándares. Cada sistema es para ser usado independientemente del otro, sin combinar valores de ninguna manera.

Los procesos distintos de los descritos anteriormente serán considerados para su inclusión en esta norma.

Las personas que deseen tener otros procesos incluidos deberán presentar, como mínimo, la siguiente información para su examen por el Comité:

- Una descripción del proceso de soldadura.

- La propuesta de las variables esenciales.

- Una especificación de procedimiento de soldadura.

- Soldar los métodos de inspección.

- Tipos de defectos de soldadura y sus límites de aceptación propuestas.

- Los procedimientos de reparación [12].

API 5L – Especificaciones para Tuberías

La norma API 5L indica como especificación cubrir los tubos de acero sin costura y con costura. Incluye, extremo liso extremo roscado, y el tubo de extremo acampanado, así como a través de la tubería de línea de flujo (TFL) y el tubo con los extremos preparados para su uso con acoplamientos especial.

Aunque la tubería de línea de extremo liso cumple con esta especificación, está pensada principalmente para el maquillaje de campo mediante soldadura circunferencial, el fabricante no asumirá la responsabilidad de soldadura en el campo.

El propósito de esta especificación es proporcionar normas para tuberías adecuadas para su uso en el transporte de gas, agua, y aceite en las industrias de petróleo y gas natural.

Esta especificación está bajo la jurisdicción de la Comisión de Normalización de Productos Tubulares, e incluye cambios en la edición anterior, aprobado por votación a través de carta de junio de 1999. Especificaciones 5LS y 5LX se han incorporado en esta edición de especificación 5L [13].

API RP 2201 – Practica Segura de Hot Tap en las Industrias de Petróleo y Petroquímico

Esta publicación abarca los aspectos de seguridad a tener en cuenta cuando Hot Tapping, o cuando se suelda sin Hot Tapping en tuberías o los equipos en servicio. No es un sustituto de la planificación del trabajo. Un procedimiento detallado, escrito para Hot tapping y soldadura debe estar preparado o revisado antes de iniciar cada trabajo para asegurar que se tomen las medidas adecuadas. Estos procedimientos pueden necesitar ser revisado en respuesta a los problemas o situaciones que puedan surgir en relación con la seguridad del personal e instalaciones únicas.

Los procedimientos de soldadura descritos en esta publicación se aplican a la tubería y el equipo fabricado.

El Hot Tapping es la técnica de fijación de un accesorio de ramificación mecánica o soldada a la tubería o equipo en servicio, y la creación de una abertura en la tubería o el equipo por la perforación o el corte de una porción de la tubería o equipo dentro de la instalación adjunto. El Hot Tapping se realiza generalmente cuando no es posible, para tomar el equipo o la tubería fuera de servicio, o para purgar o limpiar por métodos convencionales [14].

API 1160

Esta norma está destinada a ser utilizada por los especialistas y los equipos encargados de la planificación, implementación y mejora de un programa de gestión de integridad de ductos. Además, se detalla un proceso que un operador del sistema de tuberías puede utilizar para evaluar los riesgos y tomar decisiones acerca de los riesgos en la operación de un gasoducto líquidos peligrosos con el fin de reducir tanto el número de incidentes y de los efectos adversos de los errores e incidentes. Entre ellas son [15]:

Identificar y analizar los acontecimientos precursores reales y potenciales que pueden ocasionar incidentes en las tuberías.

Examinar la probabilidad y la gravedad potencial de incidentes de tuberías.

Proporcionar medios completos e integrados para el examen y la comparación de los riesgos y actividades de reducción del riesgo disponibles.

Establecer y controlar el rendimiento del sistema con el objetivo de mejorar esa actuación.

Corrosión

La corrosión es un proceso electroquímico en el cual tiene lugar un flujo de electrones e iones. La pérdida de metal (corrosión) tiene lugar en el ánodo. En el cátodo no hay pérdida de metal (el cátodo está protegido). La corrosión electroquímica implica la transferencia de electrones a través de interfaces metal/electrolito. La corrosión tiene lugar dentro de una celda de corrosión, la cual consta de cuatro partes: Ánodo, cátodo, electrolito, conexión o camino metálico [16].

Los electrones generados por la formación de iones metálicos en el ánodo, pasan a través del camino electrónico hasta la superficie de las áreas catódicas inmersas en el electrolito. Al reaccionar con los iones positivos presentes en el electrolito, restauran el equilibrio eléctrico del sistema [16].

Examinando la Figura 1.1, analicemos el proceso de corrosión para una única celda de corrosión, que consiste en un único ánodo y un único cátodo sobre la misma superficie metálica en contacto con agua. El metal suministra el ánodo, el cátodo y el paso electrónico de la celda de corrosión. El agua suministra el electrolito para completar la celda de corrosión. El electrolito está ionizado, por lo que hay iones hidrógeno (H+) y oxhidrilos (OH–) presentes en pequeñas cantidades (10-7 moles/litro) [16].

A continuación, se muestra en la figura 1.1 una representación de una celda de corrosión, pues existe la pérdida del material a través del sitio anódico.

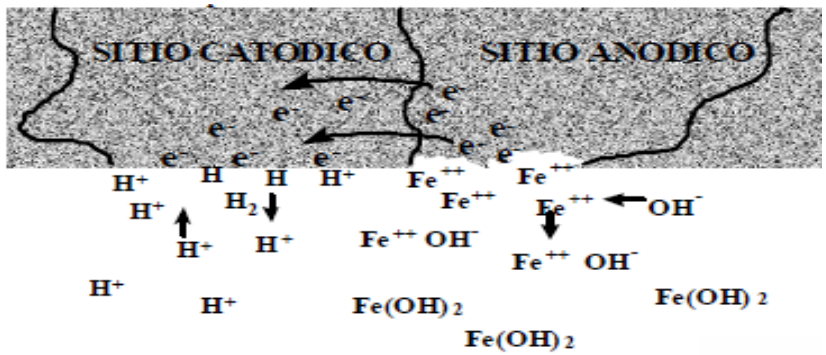


Figura 1.1: Una Única Celda Microscópica de Corrosión [16].

Entretanto, los iones metálicos se combinan con los oxhidrilos en el electrolito para formar hidróxidos del metal, u óxido, que se precipita sobre la superficie metálica.

A medida que este proceso continúa, la oxidación (corrosión) del metal tiene lugar en las superficies anódicas y la reducción de iones hidrógeno ocurre en los cátodos [16].

FUERZA IMPULSORA DE LA CORROSIÓN

Voltaje

La corrosión implica un proceso en el cual una carga eléctrica circula desde una superficie metálica, un ánodo, hacia el electrolito y desde el electrolito hacia una segunda superficie metálica, un cátodo. La pregunta siguiente seria: ¿Qué es lo que hace que la corriente circule? [16]

El voltaje es la medida de la diferencia electroquímica entre dos electrodos que comparten un electrolito. Un metal inmerso en un electrolito se corroerá y manifestará lo que se conoce como potencial de electrodo. El potencial de electrodo representa el trabajo reversible necesario para mover una unidad de carga desde la superficie del electrodo a través de la solución hasta el electrodo de referencia. Equivale a la diferencia de potencial entre dos puntos en donde 1 coulomb de electricidad realizará 1 joule de trabajo al moverse desde un punto al otro. El potencial de electrodo se mide en relación a una celda de referencia standard [16].

Metal

El propio metal puede ser una fuente para el voltaje impulsor de una celda de corrosión. Puede generarse una diferencia de potencial debida a variaciones en: la estructura de grano de un metal, la composición formada durante la aleación, temperatura o deformación de un único metal desarrolladas durante la fabricación [16].

Se muestra a continuación el ciclo típico del hierro en la figura 1.2. La pirita de hierro más común, la hematita, es un óxido de hierro (Fe2O3). El producto de corrosión más común del hierro, el óxido, tiene la misma composición química. La energía requerida para convertir una pirita de hierro en hierro metálico es "devuelta" cuando el hierro se corroe y forma el óxido [16].

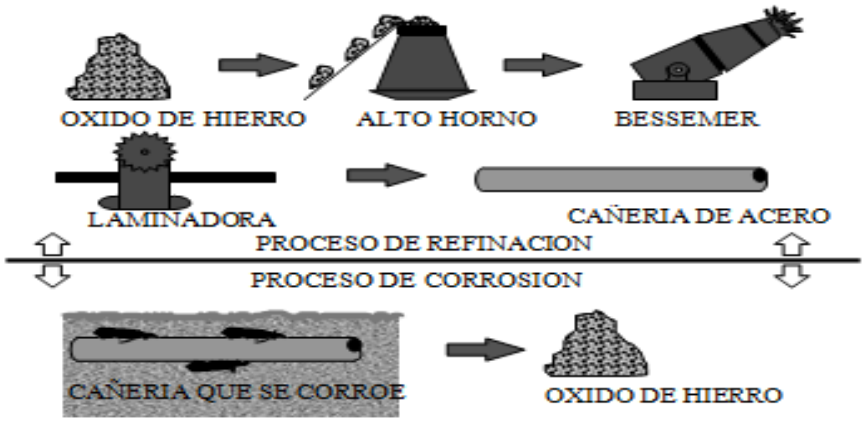


Figura 1.2: Proceso de Refinación del Acero [16].

La Figura 1.2 muestra los procesos de refinación y corrosión para el hierro y el acero. El hierro se halla siempre en estado oxidado. Se extrae de la tierra en forma de pirita. Se usa energía para convertir este óxido de hierro en hierro y acero. Se lo carga en un alto horno en el que la energía calórica elimina el oxígeno, dejando atrás el hierro elemental. Luego se lo alea con otros materiales y se lo carga en un horno de Bessemer. Finalmente, se lo lamina para formar tubos, refuerzos para concreto (rebar) o formas estructurales. Cuando el hierro

entra en contacto con un electrolito, como la tierra o el hormigón, tiene lugar la corrosión. En el proceso de corrosión se pierde energía y el hierro se combina con el oxígeno para formar óxido de hierro. Este producto de corrosión, el óxido, es idéntico al óxido de hierro extraído de la tierra. El hierro se considera termodinámicamente inestable; en el medio apropiado, el hierro se corroerá fácilmente para volver a un estado de menor energía, como el óxido [16].

FORMAS DE CORROSIÓN

La corrosión siempre ocurre por la existencia de una celda de corrosión, en la que se encuentran una zona anódica, una zona catódica, un paso electrolítico y un paso electrónico para la corriente. Sin embargo, las condiciones del metal y su medio pueden variar ampliamente, lo que conduce a la caracterización de diversos tipos de actividad corrosiva. La corrosión puede clasificarse en las siguientes formas generales:

Ataque Uniforme. Es éste un tipo de corrosión con una pérdida pareja de metal distribuida en toda o gran parte de la superficie de la estructura. los ánodos y cátodos cambian de ubicación, produciendo una pérdida generalizada de metal (por ej. corrosión atmosférica). En la figura 1.3 se demuestra el ataque uniforme [16].

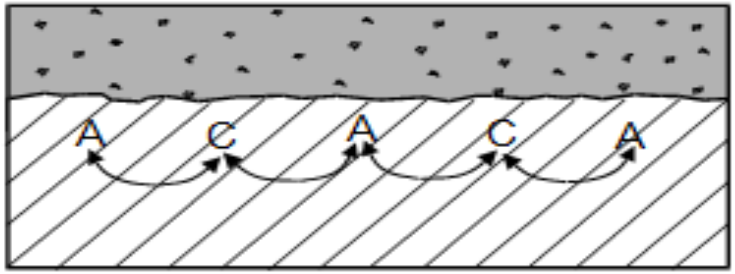


Figura 1.3: Ataque uniforme en los metales [16].

Corrosión en Grietas. Este tipo de corrosión tiene lugar cuando dos superficies con una separación muy pequeña entre ellas ya sea entre dos metales o entre un metal y un no metal están expuestas a un medio corrosivo. Los huecos, empaquetaduras, juntas, depósitos sobre la superficie y grietas son lugares probables para este tipo de corrosión [16].

Ataque Galvánico. Este tipo de corrosión ocurre cuando se conectan dos metales distintos. El potencial de los dos metales crea una diferencia de potencial, la fuerza impulsora de la corrosión. Metales distintos se encuentran conectados y expuestos a un medio común, se detalla en la figura 1.4 (por ej., tubería principal de agua de hierro fundido con servicios de cobre) [16].

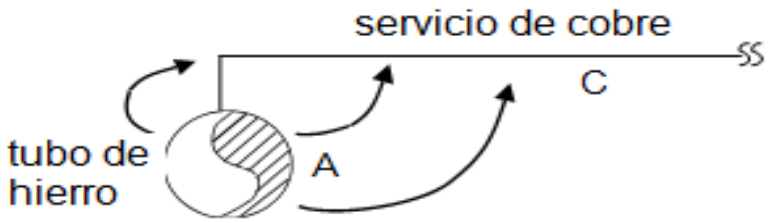


Figura 1.4: Ataque galvánico en los metales [16].

Picado (Pitting). Corrosión localizada que se concentra en una superficie reducida del metal y la perfora. Los pits (picaduras) pueden presentarse aislados o muy cercanos entre sí, y pueden tener diámetros grandes o pequeños. la zona anódica es fija y la corrosión es localizada, a continuación se esquematiza en la figura 1.5 (por ej. aceros inoxidables en presencia de cloruros) [16].

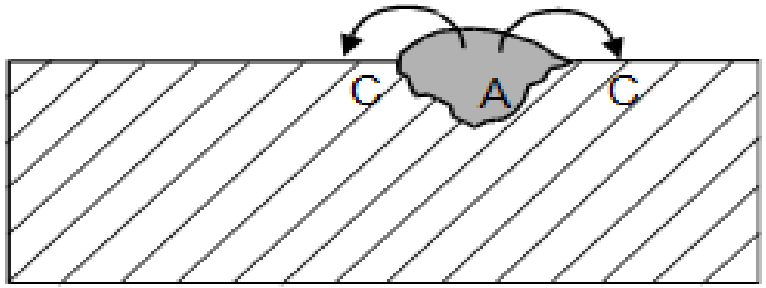


Figura 1.5: Pitting en los metales [16].

Ataque Intergranular. Ésta es una corrosión localizada en los bordes de grano de una aleación. Es causada por una diferencia en la composición cerca de los bordes, en comparación con el resto de la aleación [16].

Corrosión por Fatiga. Resulta en la fatiga del metal bajo tensiones alternadas en un medio corrosivo, observar la figura 1.6 [16].

Figura 1.6: Corrosión por Fatiga en los metales [16].

Corrosión Influencia por Microorganismos (MIC) Algunas bacterias que existen bajo condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) pueden reducir sulfatos consumiendo hidrógeno en el proceso. Las bacterias no atacan en forma directa al metal, pero crean

condiciones que conducen a un ataque más rápido por aumento de la corriente de corrosión en las celdas existentes, las que normalmente se encuentran polarizadas por la existencia de hidrógeno (producto de la reacción catódica de reducción de protones) [16].

Protección Catódica

El concepto de la protección catódica implica reducir a cero la diferencia de potencial entre los sitios anódicos y catódicos, obteniendo como resultado cero corriente de corrosión. Esto puede lograrse imprimiendo corriente hacia la estructura desde un electrodo externo y polarizando los sitios catódicos en dirección electronegativa [17].

La corrosión del metal cesará una vez que la corriente aplicada de protección catódica iguale o exceda la corriente de corrosión, la figura 1.7 es la aplicación de PC [17].

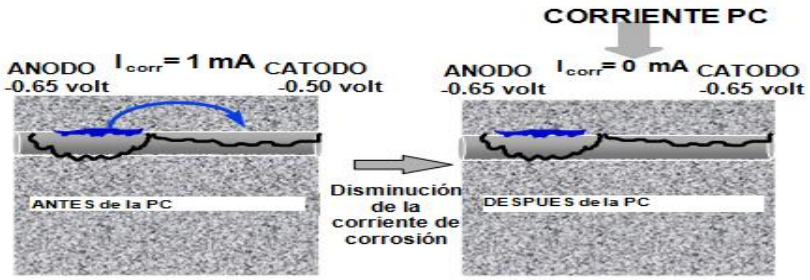


Figura 1.7: PC Aplicada a una Estructura [17].

La corriente de protección catódica es suministrada desde un ánodo de protección catódica externo, corriente que circula a través del electrolito hacia el metal y reduce la diferencia de potencial entre los sitios anódicos y catódicos (ver Figura 1.7) [17].

La teoría de la protección catódica se comprende mejor si consideramos primero una celda de corrosión simple que consista de un ánodo y un cátodo sobre una estructura. La energía impulsora de la corriente de corrosión es la diferencia de potencial entre ánodo y cátodo. Según la ley de Ohm, la magnitud de la corriente de corrosión es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia del paso de corriente. Una vez que la celda de corrosión ha alcanzado la condición de estado estacionario, el potencial impulsor es la diferencia de potencial entre el potencial polarizado del ánodo y el potencial polarizado del cátodo, como se ve en la Ecuación 1.1 [17].

Ecuación 1.1: Ecuación representativa de PC [17].

Donde:

Icorr = Corriente de corrosión (A)

Ea,p = Potencial del ánodo polarizado (V)

Ec,p = Potencial del cátodo polarizado (V)

Ra = Resistencia del ánodo al electrolito (Ω)

Rc = Resistencia del cátodo al electrolito (Ω)

Como puede verse en el equivalente eléctrico de una celda de corrosión simple en la Figura 1.8, la corriente descargada desde el ánodo es exactamente la misma que la corriente captada en el cátodo [17].

Ia = Ic = Icorr

Donde:

Ia = Corriente anódica (A)

Ic = Corriente catódica (A)

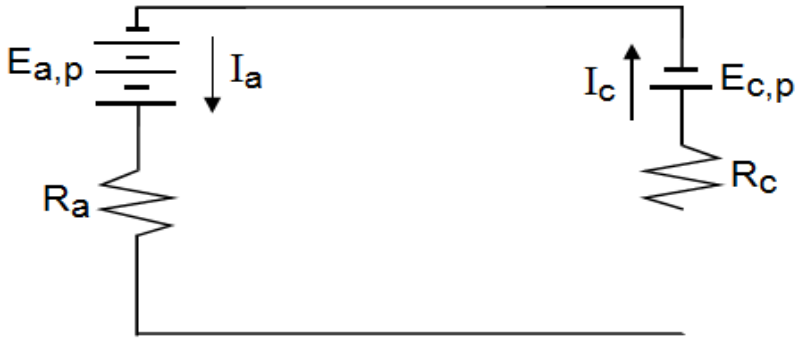


Figura 1.8: Celda de Corrosión Simple [17].

Al aplicarse protección catódica, la carga positiva circula desde una fuente externa hacia la estructura (celda de corrosión única), como puede verse en la Figura 1.9. Ahora la corriente de corrosión o corriente anódica ya no es igual a la corriente catódica. De acuerdo con

la ley de Kirchoff, la Ecuación 1.2 indica que la corriente de corrosión o corriente anódica es igual a la corriente catódica de la celda de corrosión menos la corriente aplicada [17].

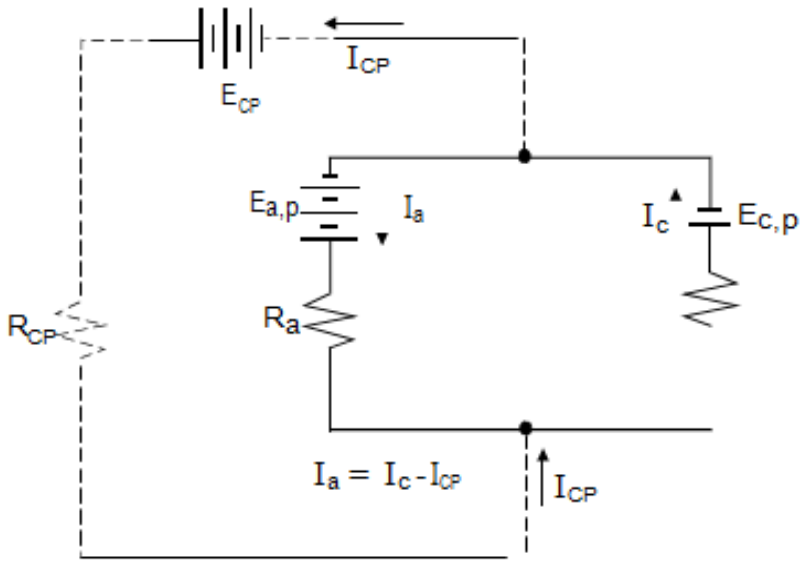


Figura 1.9: Aplicación de Corriente de PC [17].

$$Ia = Ic - ICP$$

Ecuación 1.2: Ecuación aplicada a la Ley de Kirchoff [17].

Donde:

ICP = corriente de protección catódica (A)

1.1.6 Sistema del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

El sistema del Ducto Peruano está conformado por una tubería para transportar gas natural (desde Camisea – Lote 88 en la selva amazónica hasta Lima) y líquidos de gas natural (desde Camisea hasta Pisco). Esta última línea cuenta con 4 estaciones de bombeo y 3 estaciones de reducción [6].

Comúnmente, se dice que la extensión del gasoducto será de 730 km pero en realidad es de 1.291 km porque en los hechos se están implementando dos ductos: uno de 730 kilómetros (para gas natural NG) y otro de 561 km (para líquidos de gas natural NGL). Ambos ductos parten desde Las Malvinas y corren paralelos hasta Humay en Pisco, desde donde se bifurcan. El gasoducto para gas natural sigue hasta Lurín en Lima (City Gate), la figura 1.10 representa la altimetría del ducto de gas natural NG [6].

A partir de Humay el otro gasoducto (para líquidos del gas natural) recorre una ruta separada y se dirige hacia la playa Lobería en Pisco, punto desde donde se van a exportar los líquidos que se obtengan en Camisea, la figura 1.11 representa la altimetría del ducto de líquidos de gas natural NGL [6].

Figura 1.10: Altimetría del Sistema de Transporte de Gas Natural [6].

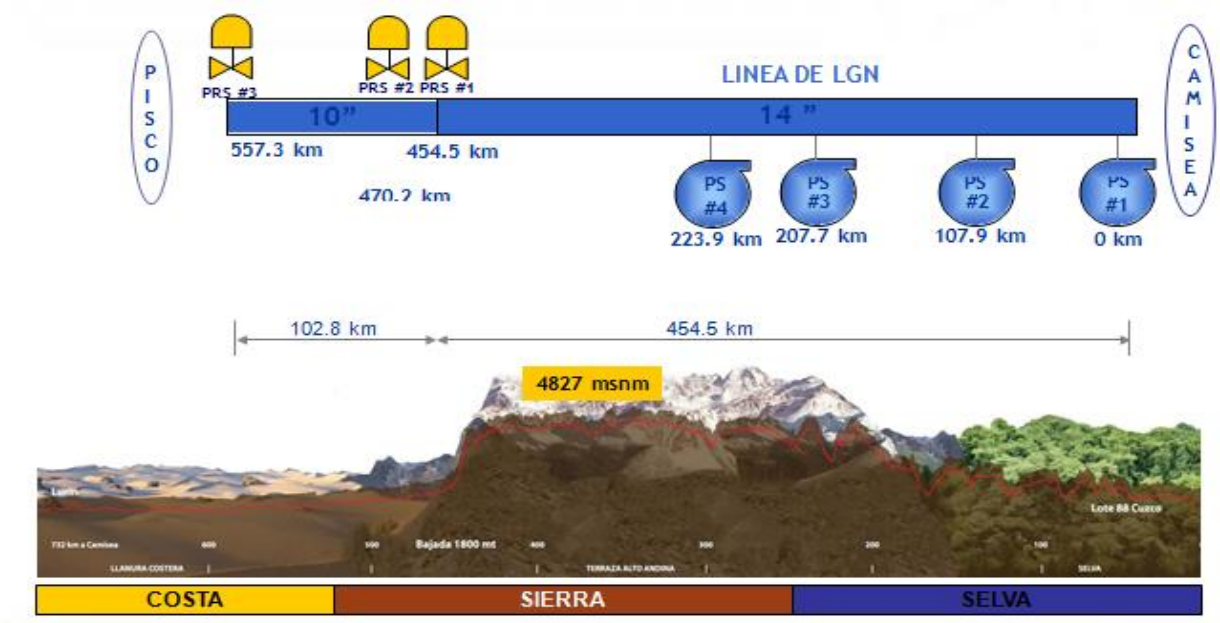
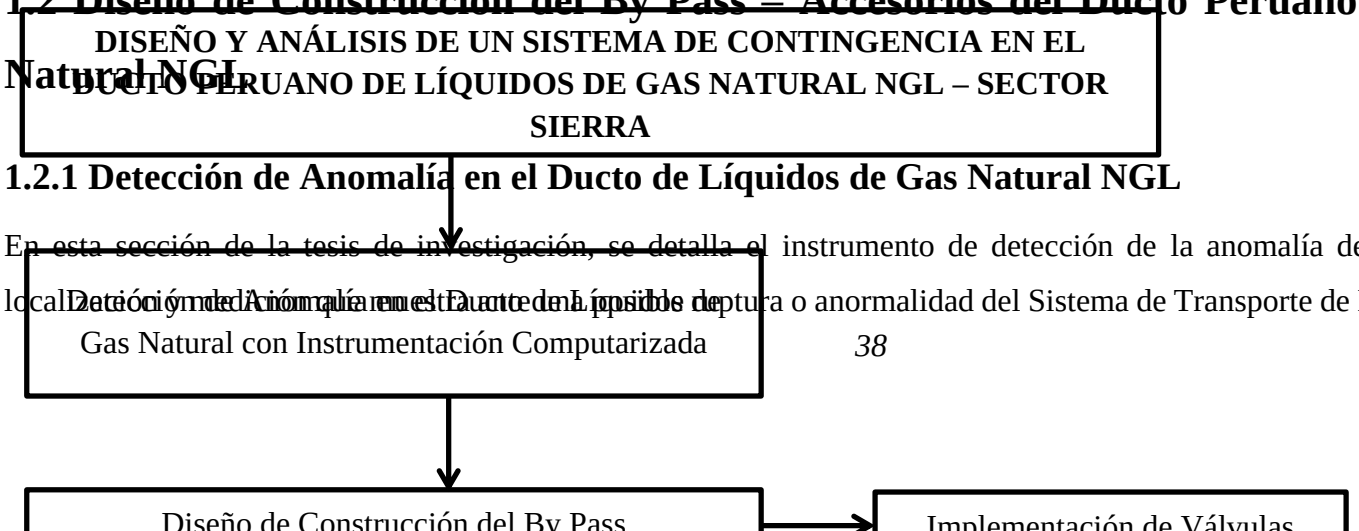


Figura 1.11: Altimetría del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural [6].

A continuación se muestra el diagrama de bloques de la tesis de investigación:

1.2 Diseño de Construcción del By Pass – Accesorios del Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL



1.2.1 Detección de Anomalía en el Ducto de Líquidos de Gas Natural NGL

En esta sección de la tesis de investigación, se detalla el instrumento de detección de la anomalía del ducto y los parámetros de localización y medición que muestra un posible ruptura o anormalidad del Sistema de Transporte de Líquido de Gas Natural NGL.

Basándonos y teniendo como referencia la norma ASME B31.4, menciona que ante situaciones de inspecciones de tuberías en servicio, se requiere instrumentos inteligentes, identificados bajo el nombre de Pig Inteligente (Sistema de Detección de Fallas). Éste detectará, específicamente, la localización satelital de alguna anomalía en el ducto, desperfectos internos como externos, obteniendo en cada caso: su longitud respecto al eje axial del ducto, el ancho respecto a la circunferencia del ducto y finalmente la profundidad de cada anomalía [11]. (Ver anexo 01)

Por ello, se determinó con la utilización del Pig Inteligente (Sistema de Detección de Fallas), que probablemente en el Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural sea el Kp 307+000 (zona de Cachi – Ayacucho); aquella que presente alguna anomalía, cercana a la junta de Soldadura J289/13 (registro de construcción- proyecto Camisea) como lo demuestra la figura 1.12.

Figura 1.12: Pig Inteligente para inspección de tuberías. (Ver anexo 01)

1.2.2 Selección de Ductos para la Construcción del By Pass

La selección del conjunto de ductos o tubos, se tomará en cuenta que la construcción del By Pass es temporal. Por tal motivo, se escogerá y basándonos en los cálculos de ingeniería y diseño del trazado del Sistema de Transporte en la zona de Cachi-Ayacucho. Se tiene presente que serán tuberías de 10" para tramos largos y 8" de diámetro en los terminales, cuyos tipos de materiales es API 5L de grado X70. A continuación, se denota la fórmula utilizada en la ecuación 1.3 para el diseño de cálculo basado en la norma americana ASME B31.4 [11].

$$t = \frac{Pi * Di}{2 * S * E}$$

Ecuación 1.3: Fórmula de espesor de tubería [11]

Sabiendo:

T : Espesor de la tubería (pulg)

Pi : Presión de operación en la tubería (psi)

Di : Diámetro externo de la tubería (pulg)

S : Tensión a la fluencia (psi)

E : factor de soldadura de acuerdo a la norma ASME B31.4

Por lo tanto, desarrollando los cálculos de diseño se tiene lo siguiente:

Pi = 136 Bar = 136*14.5 psi

Di = 10 pulg

S = 70 000 psi; debido a que la tubería es X70, ver ASME B31.4

E = 1; ver ASME B31.4

$$t = \frac{136 * 14.5\ psi * 10"}{2 * 70000\ psi * 1} = 0.1408"$$

Entonces, se tomará en cuenta la elección de tubería de 10” X70 cuyo espesor sea mayor a 0.1408” para la construcción del By Pass. Asumiendo, el stock que maneja el área de logística, se tiene como provisión tubería cuyo espesor es 0.219”.

Además, el tramo del ducto de 14” de diámetro, comprendido en el Kp 307+000 del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL (zona de Cachi – Ayacucho) se procederá a reemplazar por un tramo nuevo de tubería de 14” de diámetro, cuyo material es API 5L X70.

1.2.3 Selección de Accesorios para la Construcción del By Pass

La selección de accesorios está orientada por el diseño de ingeniería, tal como se indicó en la sección anterior. En consecuencia, se procede a verificar que tipos de accesorios se tiene previsto a disposición inmediata al equipo ejecutor.

La determinación del tipo de accesorios tiene como sustento de la investigación, el estándar americano ASME B31.4, dicha norma es aplicada en nuestro Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL en Perú. A continuación, se mencionan los accesorios que se implementarán en la construcción del By Pass: Codo 10” 90° (A860 WPHY70 S40), Codo 8” 90° (A234 WPHY52 S80), Reducción

10” a 8” (A860 WPHY70 STD), Brida WN 8” (A707 GR.L1 S60 $900 RTJ), Brida Blind 8” (A707 GR.L1 S60 $900 RTJ), Weldolet 10”x2” (A350 LF6 S80), Threadolet 10”x3/4” (A350 LF6 3M).

En el tramo de tubería de 14” de diámetro que se reemplazará, se tomará en cuenta la utilización de los siguientes accesorios, debido a que es una línea regular de transporte de líquido de gas natural NGL: Split Tee 14”x14” (A860 WPHY70), Split Tee 14”x8” (A860 WPHY70), Weldolet 10”x2” (A350 LF6 S80), Threadolet 10”x3/4” (A350 LF6 3M), Threadolet Look Fitting 2”, Brida Blind 14” (A707 GR.L1 S60 $900 RTJ), Brida Blind 8” (A707 GR.L1 S60 $900 RTJ), Brida WN 14” (A707 GR.L1 S60 $900 RTJ), Brida WN 14” (A707 GR.L1 S60 $600 RTJ). Los dos últimos accesorios Brida WN 14” se requiere para la fabricación de un adaptador serial de $900 a $600, ya que se dispondrá para la etapa de montaje y desmontaje del equipo de perforación al ducto de 14” en servicio, a continuación se muestran las figuras 1.13, 1.14, 1.15 y 1.16 que representan los accesorios utilizados en la tesis de investigación [11].

Figura 1.13: Brida Welding Neck [11].

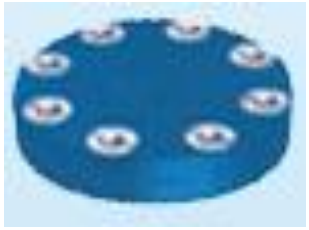


Figura 1.14: Brida Blind [11].

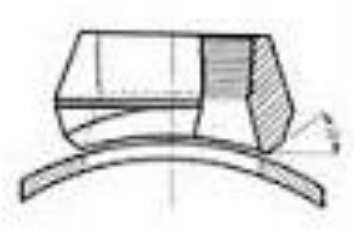


Figura 1.15: Threadolet [11].

Figura 1.16: Weldolet [11].

1.2.4 Selección de Válvulas para la Construcción del By Pass

La selección de las válvulas en el presente trabajo dependerá del número de perforaciones del ducto que se desea realizar. En este caso particular de atención de la ruptura del ducto de NGL, se planea realizar 06 perforaciones en servicio al ducto de 14” del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural.

Por ello, teniendo en cuenta que 02 perforaciones se utilizarán para las acometidas del By Pass de manera permanente, es decir, estarán instaladas en los 02 Split Tee 14”x8”. De tal forma, las 04 perforaciones restantes se podrán realizar al ducto de 14” de forma secuencial a través de los 04 Split Tee 14”x14”. En consecuencia, se dispondrá las siguientes válvulas: 02 Válvulas Esféricas 8” (A350 GR.LF2 $900 RTJ), 02 Válvulas Sandwich 14” (A350 GR.LF2 $600) y 01 Válvula Sandwich 14” (A350 GR.LF2 $900). (Ver anexo 02)

Adicionalmente, se dispondrá de válvulas de alta presión en la implementación del By Pass y del ducto con anomalía, cuya finalidad es despresurización de la línea con la descripción: 06 válvulas esféricas 2” (A105 $1500 con extensión niple). 04 válvulas aguja 1/2” (A105 $1500 NPT) [11]; las figuras 1.17, 1.18, 1.19 y 1.20 representan los accesorios y válvulas implementadas en el proyecto.

Figura 1.17: Split Tee [11].

Figura 1.18: Válvula Esférica o Válvula Bola [11].

Figura 1.19: Válvula Sándwich. (Ver anexo 02)

Figura 1.20: Válvula Aguja [11].

1.2.5 Esquema de Construcción del By Pass

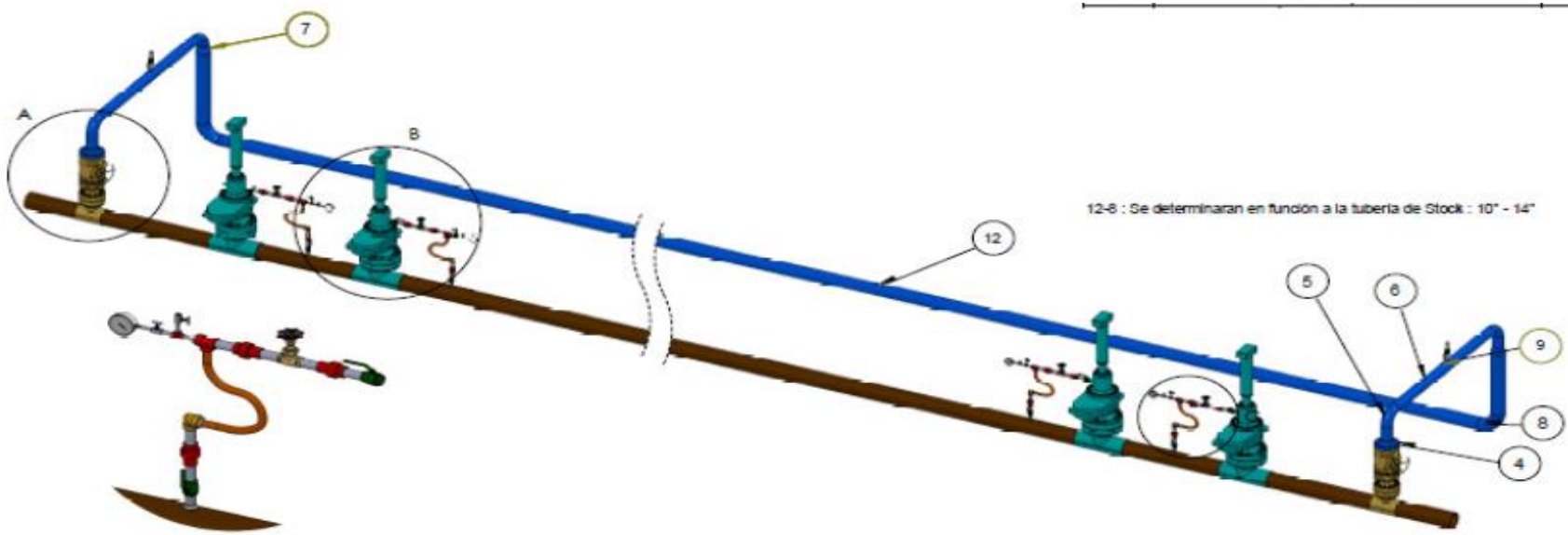
El esquema final de construcción del By Pass de 10” de clase $900 tendrá una máxima presión de operación de 108.72 Bar. En consecuencia, se considera que se realizará la prueba Hidrostática 1.25 veces la máxima presión de operación siendo 136 Bar en un periodo de 4 horas, de acuerdo a la ecuación 1.4. Adicionar, que la máxima presión admisible de Prueba Hidrostática será 225 Bar. Se planifica que las actividades previas al montaje del By Pass se realizarán en el lado izquierdo del ducto de NGL en referencia al sentido de flujo Malvinas – Pisco. (Ver plano).

$$Presión\ PH = 1.25 * MaxPO$$

Ecuación 1.4: Fórmula de Presión de Prueba Hidrostática [11].

En el siguiente plano P&ID titulado By Pass Φ10” PK 307 – NGL, se detalla las tuberías, accesorios, juntas soldadas, válvulas sandwichs, válvulas de regulación, ubicación de la anomalía en el ducto de Φ14” y las referencias geográficas (aguas arriba: Malvinas

y aguas abajo: Pisco) que permitió realizar la construcción, montaje e instalación y puesto en operación del By Pass con el objetivo de atender y reparar la anomalía.



DETALLE C
Derivación 2"
ESCALA 1 : 25

DETALLE A
Derivación de 8"
ESCALA 1 : 40

DETALLE B
Configuración Hot Tap 14" LS #600
ESCALA 1 : 40

Coga Compañía Operadora de Gas del Amazonas

NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	L. Cortés		
VERIF.	E. Morales		
APROB.	F. Villanueva		
PARA			
CALID.			

TÍTULO:

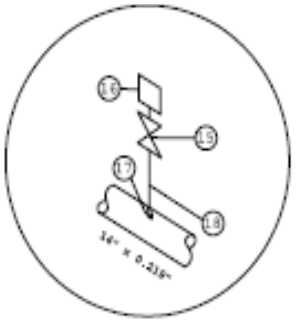
N° DE DIBUJO: A3

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ESCALA 1:50 | HOJA 3 DE 7

Costura Izquierda		
289/06	289/07	12.624
289/07	289/08	12.639
289/08	289/09	12.596
289/09	289/10	12.603
289/10	289/11	11.872
289/11	289/12	12.507
289/12	289/13	12.502
289/13	289/14	12.609
289/14	289/15	12.499
289/15	289/16	11.910
289/16	289/17	12.616
289/17	289/18	12.438
289/18	289/19	12.235
289/19	289/20	12.258

289/06	575865.634	8533429.963	3975.870
289/07	575857.255	8533439.416	3975.952
289/08	575848.815	8533448.828	3976.092
289/09	575840.375	8533458.201	3976.236
289/10	575831.925	8533467.564	3976.313
289/11	575823.975	8533476.366	3976.461
289/12	575815.606	8533485.679	3976.747
289/13	575807.316	8533495.041	3977.124
289/14	575798.956	8533504.474	3977.589
289/15	575790.726	8533513.886	3978.032
289/16	575782.956	8533522.909	3978.442
289/17	575775.187	8533532.791	3978.992
289/18	575768.117	8533543.014	3979.766
289/19	575761.278	8533553.086	3980.849



DETALLE 2

2	PARA CONSTRUCCION	15/10/12	LLH	LLH	LLB	DFL
1	PARA CONSTRUCCION	15/10/12	LLH	LLH	LLB	DFL
0	PARA CONSTRUCCION	15/10/12	LLH	LLH	LLB	DFL
NOV/DAT.	DESCRIPCION	FECHA	PREP.	EDIT.	REV.	APROB.

TGP COMPAÑIA OPERADORA DE GAS DEL AMAZONAS

INSTALACIÓN DE BY PASS #10" KP 307 – NGL

LÍNEA NGL MALVINAS–PISCO

esféricas de 8” $900, válvulas tipo sándwich de 14” $900, Split Tee de 14”x8” $900 y de 14”x14” $900, válvulas esféricas de 2” $1500, válvulas tipo aguja y manómetros.

Capítulo II: Ingeniería de Soldadura y Ensayos No Destructivos en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

2.1 Ingeniería de Soldadura en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

2.1.1 Relevamiento de Espesores

La sección de Ingeniería de soldadura aplicada en el Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural determina con anterioridad que se debe considerar la verificación de los espesores de los materiales en acero al carbono llámese tuberías y Split Tee. Para ello, basándonos en las normas americanas ASME B31.4 y API 1104 afirman que antes de realizar trabajos de soldadura en tuberías, se debe inspeccionar utilizando mecanismo no destructivos END.

En consecuencia, se procedió a la inspección utilizando el equipo Panametrics MG2-DL por ultrasonido en la frecuencia 7.5 MHz en el que se empleó el método Pulso-Eco y medio acoplante Carboximetil Celulosa. (Ver anexo 03).

En respuesta a los registros de mediciones, se obtuvo un promedio de 6.09mm (mayor a 0.21") hasta 6.12mm (mayor a 0.21") de espesores en las zonas involucradas, sean las dos estimadas soldaduras circunferenciales y las dos soldaduras longitudinales por cada Split Tee. Las mediciones se realizaron de acuerdo a la figura 2.1.

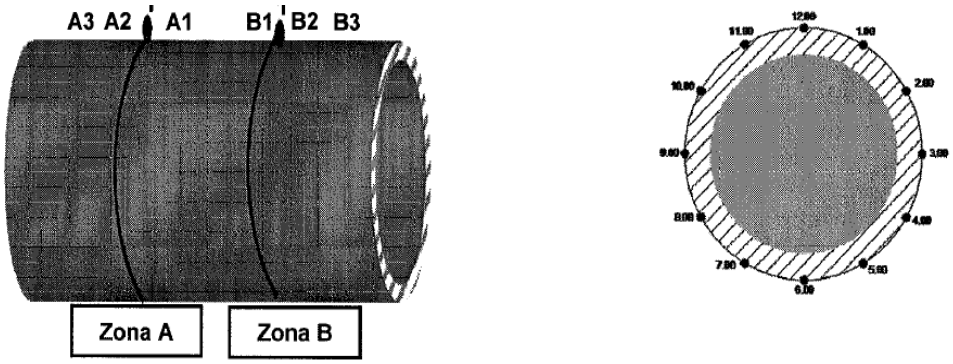


Figura 2.1: Zonas de mediciones de espesores

2.1.2 Calificación de Soldadores

La calificación de los soldadores (Welding Qualification Record - WQR) en el presente tema de investigación se enfoca tomando como referencia las normas americanas ASME B31.4 y API 1104. Se procederá a evaluar al equipo de soldadores basado en los procedimientos de soldaduras (Welding Procedure Specification – WPS) de acuerdo a los tipos de materiales, tipo de junta de soldadura, diámetro aplicado, proceso de soldadura y otros más.

El documento generado a consecuencia de la calificación óptima del soldador, establece que el mismo se encuentra apto para ejecutar soldaduras con las características aplicables de acuerdo a la descripción técnica que muestra el procedimiento de soldadura (WPS).

Los registros de calificaciones de los soldadores son liberados por la inspección visual de la raíz de la soldadura y acabado del cordón de soldadura; además, el ensayo de placas radiográficas (Radiographic Testing – RT), de acuerdo a las tolerancias que describen las normas como: penetración inadecuada, fisura de soldadura, apariencia de un buen trabajo del soldador y socavaciones en el cordón de la soldadura, porosidad. (Ver Anexo 04)

2.1.3 Procedimientos de Soldadura

El procedimiento de soldadura es el documento oficial que lo gestiona el inspector de calidad en el punto de la obra o en este caso en la atención de la anomalía en el ducto de NGL. El mismo que describe qué criterios se deben considerar para dicha soldadura específica, pues es elaborado y creado bajo los siguientes criterios de ingeniería o variables esenciales que lo estipula las normas ASME B31.4 y API 1104: Proceso de soldadura, material base, junta de

diseño, posición, espesor del material, electrodos, tratamiento previo de temperatura del material, diámetro, dirección de soldadura, polaridad de la corriente eléctrica, cantidad de corriente eléctrica.

El procedimiento de soldadura (Welding Procedure Specification – WPS) es considerado oficial y aplicable cuando una entidad externa a la empresa, sea un laboratorio certificador de soldadura asevera que dicho procedimiento cumple con los ensayos mecánicos permisibles al que ha sido sometido la probeta de soldadura, los ensayos destructivos son los siguientes: Resistencia a la tracción, prueba de mella, prueba de dobladura de raíz y cara, prueba de flexión lateral.

Los procedimientos de soldadura aplicados en este tema de investigación están identificados como: WPS 012, WPS 00819, WPS 1-048, WPS 004, WPS 00031, WPS 00835. (Ver Anexo 05).

2.2 Ensayos No Destructivos en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

2.2.1 Inspección Visual

La inspección visual de las soldaduras que se presentan en esta investigación se denominan juntas a tope (Butt Weld – BW) y juntas filete (Filet Weld – FW). Se tomarán en cuenta los criterios y apreciación personal basada en las referencias que nos proporciona las normas ASME B31.4 y API 1104.

Se realizará la verificación del acabado del cordón de la soldadura en diámetros mayores de 10”, que no presente socavaciones de soldadura en los extremos del cordón de soldadura, es decir, que no tenga complicaciones con el material base de la tubería. En algunos casos, se podrá inspeccionar la raíz del cordón de soldadura, permitiendo identificar si existe o no la falta de penetración al inicio del proceso de soldadura. En adición, la soldadura que se utilizará en diámetros mayores de 10” será soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (Shielded metal Arc Welding – SMAW). Una vez realiza el alta de la inspección visual para este tipo de diámetro se procede a realizar la inspección radiográfica – RT, para el caso de tuberías y codos.

La inspección del cordón de soldadura en diámetros menores de 2” se verificará que tenga un buen acabado de soldadura y buena apariencia sin complicaciones del material base, sea de la tubería como también del accesorio. Este proceso se identifica como mixto, debido a que en la raíz se realiza soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno (Gas Tungsteno Arc Welding – GTAW) y el acabado por soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (Shielded Metal Arc Welding – SMAW). El inspector de calidad que procede a liberar mediante la inspección visual de este tipo de soldadura, se iniciará la aplicación de Tintes Penetrantes (Penetration Testing – PT) a la soldadura que complique el cuerpo de accesorio [12].

2.2.2 Prueba de Tintes Penetrantes

La prueba de tintes penetrantes se aplicará en base a la norma API 1104, por el cual se tomará criterios de aceptación en la evaluación de la soldadura de tipo filete (FW) con los accesorios weldolet y threadolet mencionados en el capítulo anterior.

Se realiza la preparación de la superficie soldada (tubería – accesorio) mediante la limpieza de escoria y oxido del metal soldado. Posterior a ello, se aplica el solvente industrial que permitirá retirar las impurezas de la superficie del material. Seguido, se aplica el tinte penetrante SKL-SP2 Penetrant en un periodo de penetración de 10 minutos y a condiciones ambientales entre 10°C y 52°C. Luego, se procederá a limpiar la zona de la soldadura con el solvente industrial retirando el tinte penetrante de coloración roja de forma completa de la soldadura. Finalmente, se aplicará el revelador SKD-S2 Developer en la zona de la soldadura adquiriendo una coloración blanca después de su aplicación, de tal manera, se identificará las tonalidades rojas en la zona blanca de la soldadura.

Los criterios de aceptación están basados en la norma API 1104, establece que la soldadura no presente discontinuidades en la soldadura. Este ensayo no destructivo permitirá identificar porosidad externa o socavaciones en la soldadura mayores a 1mm considerándolo inaceptable la junta de soldadura. En consecuencia, el personal operativo en compañía del inspector de calidad absolverá la imperfección superficial.

2.2.3 Prueba de Placas Gamma gráficas

La prueba de placas gamma gráficas se realizará en base a las consideraciones y aceptaciones que menciona la norma API 1104, del cual detalla que no debe presentar más del 2% del espesor en porosidad interna en la junta de soldadura, presencia de escoria, falta de fusión y falta de penetración en soldaduras de tipo tope (BW). Este tipo de ensayo no destructivo END es aplicable en materiales de acero al carbono, aceros en baja aleación y aceros inoxidables cuyos espesores es entre 3mm a 50 mm.

Este método confiable se realiza mediante la utilización de una fuente de radiación de rayos gamma Iridio 192 con carga de 150 Curies – Marca Sentinel 880 Delta controlada por el Instituto Peruano de Energía Nuclear IPEN y películas AGFA de tipo D4 que permitirán dejar grabadas las imágenes de las juntas de soldaduras. Estas películas son de grano extra fino y contraste muy alto; las figuras 2.2 y 2.3 representan las técnicas de toma de placas y el equipo sentinel 880 Delta respectivamente.

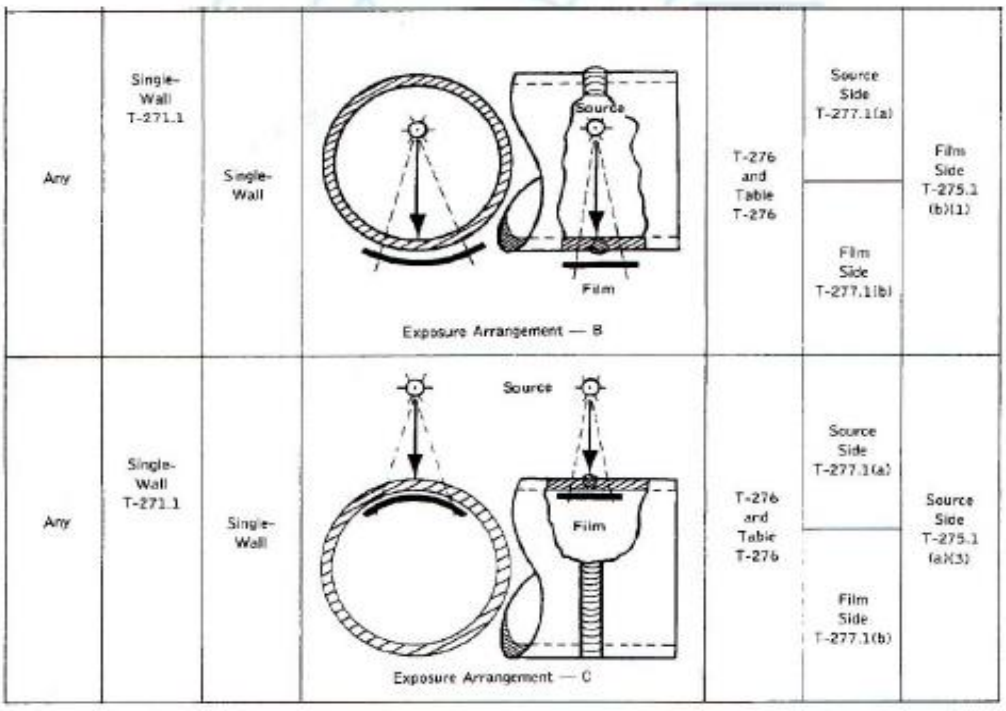


Figura 2.2: Técnicas de toma de placas gamma gráficas [12].

Figura 2.3: Equipo Sentinel 880 Delta [12].

2.2.4 Prueba de Dureza

La prueba de dureza es un tipo de ensayo no destructivo que se aplicará en el desarrollo de esta investigación en la zona de trabajo después de realizar soldadura de clase tubería – Split tee, tubería – weldolet y tubería – threadolet.

La prueba de dureza consiste en realizar mediciones de dureza superficial evaluando directamente con el durómetro y su registrador electrónico la energía de rebote absorbida al realizar el lanzamiento guiado de una esfera de acero de masa conocida sobre la superficie a medir. Este permite evaluar de manera simple con alto rendimiento ya que no destruye la muestra y particularmente útil para determinar las propiedades de los diferentes componentes micro estructurales del material en la zona afectada por el calor de la soldadura realizada.

En el proyecto de investigación se realizarán mediciones de dureza en la zona afectada por el calor de la soldadura a 0°, 90°, 180° y 270° alrededor de la zona circunferencial de los materiales que se desea evaluar de acuerdo a la figura 2.4, utilizando el Durómetro Time con lecturas de tres impactos por cada cuadrante entre temperatura 20°C y 25°C. Las mediciones deben registrarse con valores menores a 350 vickers, medida que recomienda el fabricante. Particularmente, se obtiene mediciones que oscilan entre 136 hasta 185 vickers. (Ver anexo 06)

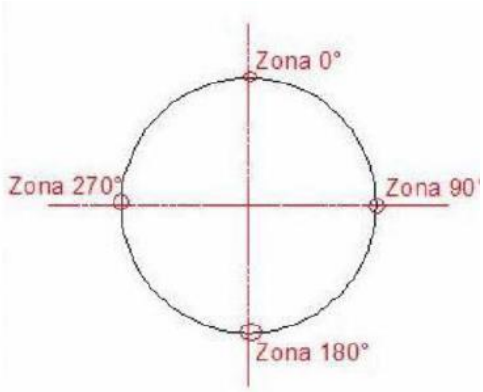


Figura 2.4: Zonas de mediciones de dureza

2.2.5 Prueba por Ultrasonido

La prueba por Ultrasonido es el ensayo no destructivo que se realizará en el proyecto de investigación basado a los requerimientos que lo establece la norma API 1104. La norma americana establece que el ensayo permitirá encontrar algún defecto en la estructura interna de los materiales soldados en campo. Los defectos que se pueden encontrar son fisura de los materiales soldados y laminaciones. Estos cambios producidos a consecuencia del cambio brusco de temperatura en las actividades de soldadura, no garantiza su operatividad para la actividad al que ha sido diseñado en la industria de hidrocarburos.

El ensayo por ultrasonido permite examinar soldaduras de materiales ferrítico realizada a tuberías y componentes cilíndricos. El ultrasonido relacionado al proyecto de investigación detecta, localiza y evalúa los defectos en la zona de la soldadura, la zona afectada por el calor (ZAC) y el material adyacente. Es aplicable a tuberías de diámetro exterior mayor a 1 1/2” y espesor mayor a 5.5mm. Se examinará a soldaduras de penetración completa, entre tuberías y tuberías – accesorios. El volumen de inspección se extenderá en todo su espesor y ambos lados del cordón de soldadura, siendo dicha distancia nunca menor a 25mm. El área de inspección comprenderá los 360° de las soldaduras circunferenciales.

El proyecto de investigación se realiza la aplicación de dicha prueba en soldaduras de tipo Tubería – Split Te, Tubería – Weldolet y Tubería – Threadolet.

El ensayo será realizado desde la superficie externa de la tubería, utilizando la técnica de reflexión Pulso – Eco con palpador simple angular y normal aplicado por contacto en forma manual.

El instrumento de examinación de los materiales es CTS-9009 marca SIU con su transductor Panametrics de 0.25”, utilizando una frecuencia 5MHz para los ensayos de UT-70° y ganancia de exploración de 59dB con medio acoplante carboximetil celulosa; el ultrasonido de 70° se utiliza en verificaciones del materiales para soldaduras circunferenciales entre Split Tee – Tuberías. Además, empleando el mismo análisis de soldaduras circunferenciales entre Split Tee – Tuberías, se realiza el ultrasonido UT-60° utilizando una frecuencia de 5MHz, ganancia de exploración de 54.5dB se determina las condiciones de la estructura molecular de los materiales después de la soldadura.

Las soldaduras longitudinales entre Split Tee – Tuberías, se procederá a realizar ultrasonido UT-45° utilizando una frecuencia de 2.25MHz, ganancia de exploración de 52.5dB determinando que no se ha encontrado discontinuidades en los materiales involucrados en la soldadura basado en las figuras 2.5 y 2.6. (Anexo 07)

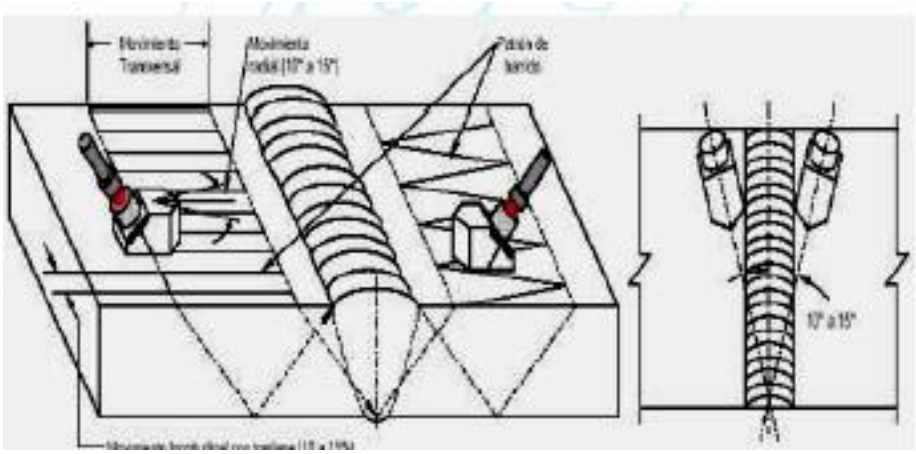


Figura 2.5: Inspección de junta de soldadura por UT [12]

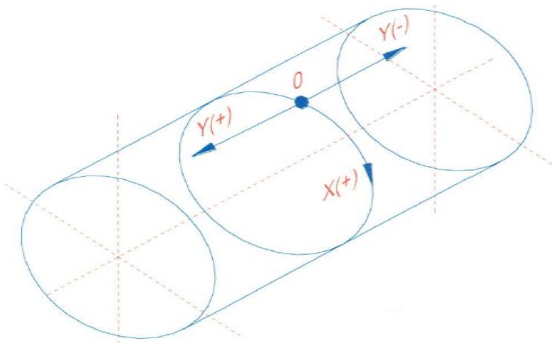


Figura 2.6: Desplazamiento del palpador en la zona ZAC

Capítulo III: Prueba Hidrostática y Perforación – Sellado en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

3.1 Prueba Hidrostática en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

3.1.1 Selección e Implementación de Manómetros

La selección e implementación de manómetros en la etapa de Prueba Hidrostática, se realizará en base a los requerimientos del diseño de ducto de líquidos de Gas Natural NGL.

Los cálculos de ingeniería de diseño determinan que la presión de trabajo del ducto será 108.72 Bar (1576 psi). En consecuencia, se considera que se realizará la prueba Hidrostática 1.25 veces la máxima presión de operación siendo 136 Bar (1972 psi) en un periodo de 4 horas con agua no potable. Por lo tanto, un manómetro se escoge con un 25% de margen adicional a la máxima presión operativa, para que su óptima visualización se mantenga dentro de una "V" en el dial. A su vez, el dial es el tamaño del indicador según su diámetro, usualmente medido en pulgadas, por ejemplo, un dial 4" equivale a 98mm. Finalmente, su tipo de conexión existe una concordancia entre dial y tamaño de conexión, la mayoría de los fabricantes han estandarizado el dial 2,5" para una rosca cónica de conexión de 1/4" NPT, al dial 4" con 1/2" NPT.

La implementación de los manómetros se realizó en escala de 0 – 350 Bar equivalente 0 – 5000psi, tipo bourdon, marca Nuova Fima como la figura 3.1. Los instrumentos de medición permitirá la visualización del incremento periódico de la presión en la prueba hidrostática de los ductos de 10” del By Pass como también de los ductos de 14” de la tubería que se utilizará para reemplazar la zona afectada. De acuerdo a los estándares ASME B31.4, se normaliza que la prueba hidrostática se realizará en tres fases distribuidas porcentualmente en 70%, 90% y 100% de la presión de prueba. De tal manera, las presiones al 70% y 90% indican que son las

etapas de presurización de las tuberías en un periodo de 30 minutos cada una. La última etapa al 100%, es decir, la presión de prueba es la etapa de resistencia de la tubería en un periodo de 3 horas. De tal manera, si las tuberías aprueban el ensayo de resistencia ASME B31.4, se determina que están en las condiciones óptimas para ser instaladas o puestas en servicio.

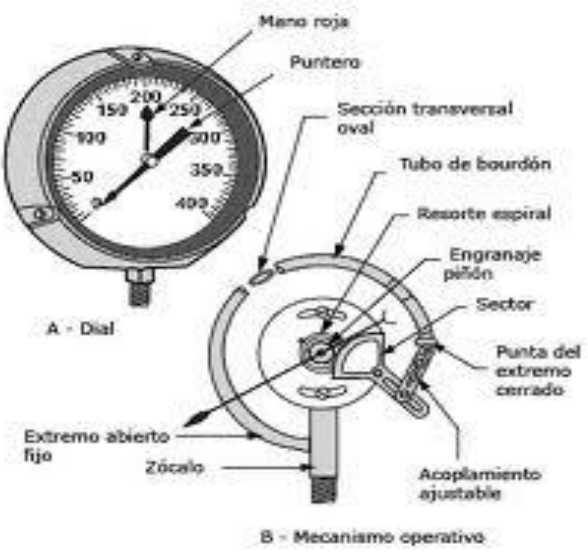


Figura 3.1: Manómetro tipo Bourdon [11].

3.1.2 Selección e Implementación de Válvulas

La selección e implementación de válvulas para la prueba hidrostática se ejecutó tomando en cuenta el grado de importancia en su regulación de presión y nivel de seguridad.

La prueba hidrostática a la que se somete el conjunto de tuberías para este proyecto de investigación es de 108.72 Bar (1576 psi). Por ello, durante el desarrollo de la prueba se requiere de un control fino de la presión ya que conoce que se realizará en tres etapas y a presiones altas. En consecuencia, se tomará en cuenta la necesidad de implementar válvulas de regulación fina y resistente a la alta presión que se les somete.

Se implementará válvulas de regulación de presión tipo aguja de 6000psi / WOG, material acero inoxidable, conexión NPT y unidireccional. Además, válvulas tipo aguja de 6000 psi / WOG, material acero inoxidable, conexión NPT y bidireccional. Estas válvulas permitirán regular el

fluido con un estrangulamiento del mismo de manera muy precisa o fina en presiones altas y también si se presentase a temperaturas grandes.

Se suma a la implementación en campo, la utilización de válvulas de alta presión tipo check horizontal de 6000 psi, referencia la figura 3.2, material acero inoxidable, conexión NPT y por defecto unidireccional. Estas válvulas impiden el retorno del fluido luego de aplicar el agua a presión alta a la tubería en prueba.

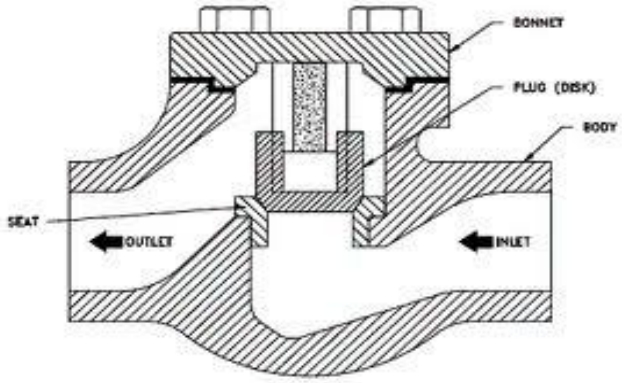


Figura 3.2: Válvula Tipo Check [11]

3.1.3. Implementación de Registrador de Presión

El registrador de presión es el instrumento que permite grabar variables físicas de manera adecuada como temperatura y presión de líquidos, gases y vapores de los diferentes procesos industriales en los rubros existentes.

Se procederá a realizar el registro de la variable presión en la cartilla gráfica de acuerdo al procedimiento que está diseñado y creado basado en la norma ASME B31.4; en esta actividad se ejecutará en un periodo de cuatro horas conformadas por las etapas de presurización y resistencia del ducto. Las cartillas gráficas están diseñadas de acuerdo a las necesidades del diseño de la prueba hidrostática, para este tema de investigación será una cartilla de 8” de diámetro, escala de medición 0-5000 psi, tiempo de prueba de 0-24 horas.

El registrador de presión será de la marca OMC-ITALY, modelo 430PSMA, división mínima de medición 100 psi y tipo de alimentación por pila de 1.5V. A continuación se observa el registrador de presión en la figura 3.3. (Ver Anexo 08)

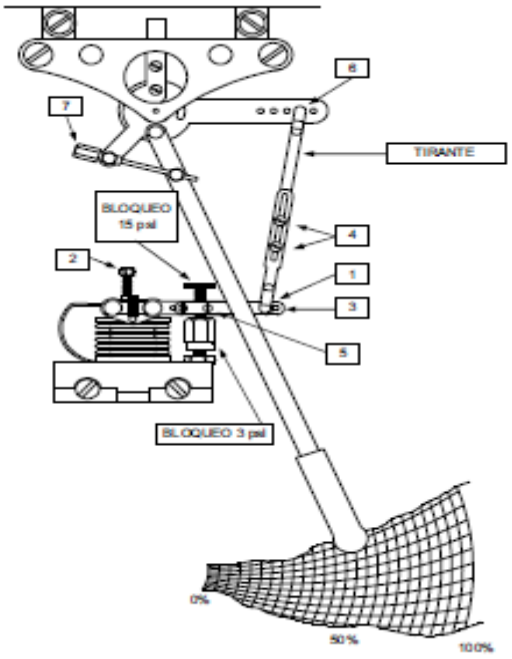


Figura 3.3: Registrador de presión. (Ver Anexo 08)

3.1.4 Implementación de Registrador de Temperatura

El registrador de temperatura en el tema de investigación se toma en consideración las condiciones ambientales al que se someterá la tubería en el punto de trabajo. Los cambios que fluctúan en la temperatura son predominantes debido a la zona geográfica en la que se encuentra Cachi-Ayacucho.

Por ello, se tomó en cuenta que se requiere una cartilla que se establezca dentro del rango -20°C a 60°C, tiempo de prueba de 0-24 horas, diámetro de cartilla de 8”. Los registros de temperatura se realizará a que se presenta una termocupla de tipo K que permitirá obtener los cambios de temperatura durante la actividad de la prueba hidrostática.

El registrador de temperatura será de la marca OMC-ITALY, modelo 450R11W27, división mínima de escala de 2°C y tipo de alimentación por pila de 1.5V. (Ver Anexo 08)

3.1.5 Implementación de la Balanza de Peso Muerto

La balanza de peso muerto es un instrumento de comparación que se implementará en el proyecto de investigación cuya medición es la variable de presión en el ducto durante el desarrollo de la prueba hidrostática.

La balanza de peso muerto es un instrumento resistente, exacto, rápido y fácil de usar. Las unidades incorporan una bomba primaria para usos en los intervengan grandes volúmenes, indicadores de flotación por pistón y una prensa de calidad para un control preciso de presión.

El instrumento comparador de presión de marca CHANDLER ENGINEERING tiene un rango de medición de 50 psi a 5000 psi, distribuidas en plataformas de bronce equivalentes 2psi, 5psi, 10 psi, 20, psi, 50psi, 100 psi y 500 psi que se instaló de manera progresiva de acuerdo a las etapas de desarrollo de la prueba hidrostática. La figura 3.4 representa la balanza de peso muerto. (Ver Anexo 09)

Figura 3.4: Balanza de Peso Muerto. (Ver Anexo 09)

3.1.6 Implementación de Motobomba de Alta Presión

La motobomba de alta presión es un equipo acondicionado para la inyección del fluido a presiones altas permitiendo que facilite obtener las dos etapas de presurización del ducto y la etapa de resistencia del ducto en prueba.

Se instaló la motobomba de acero inoxidable de la marca Cat, está diseñada la bomba para un trabajo de presión de 100 psi a 10 000 psi. Su sistema de consumo de energía es por combustible

Diesel. Los accesorios que permitirán la inyección a alta presión a la tubería, serán considerados también para fluido sometido a presiones altas.

3.2 Perforación – Sellado en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

3.2.1 Selección e Implementación de Equipo de Perforación

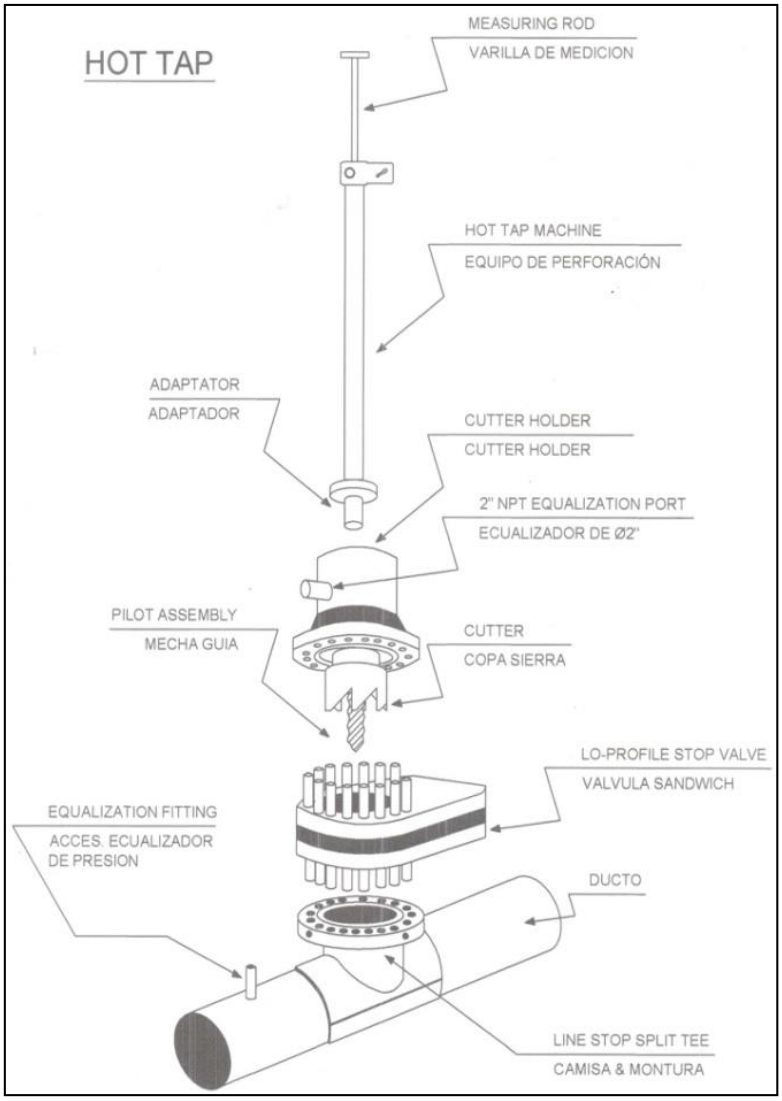
Las actividades de Perforación o también llamado Hot Tap es la operación que involucra el perforado de un ducto bajo condiciones de sólo presión, presión y en servicio, sin presión y fuera de servicio en el Sistema de Transporte de Hidrocarburos.

La selección e implementación de los equipos de perforación – Hot Tap se designó de acuerdo al diseño que se estableció al inicio del proyecto de investigación. Para ello, se tiene seis derivaciones de las cuales cuatro de ellas están fijadas Split Tee de 14”x14” y dos de las restantes son Split Tee de 14”x8”. Además, se realizaron soldaduras de 2” a las tuberías del By Pass de 10” y a la tubería de 14”.

A consecuencia, se requiere ejecutar perforaciones de 2”, 8” y 14”. Para ello, se requiere seleccionar e implementar los equipos de perforación. Los equipos de Hot tap son los siguientes: TDW 916, Furmanite IP 508 y Furmanite P28. Los dos primeros equipos están diseñados y acondicionados para realizar perforaciones de 8” y 14” como la figura 3.5; el equipo P28 será utilizado para las perforaciones de 2”.

Los elementos más representativos en los equipos de perforación de 8” y 14” son: Split Tee n”xn”, Válvula Sandwich / Válvula esférica, Adaptador, Mecha guía, Copa sierra – cutter, Cutter Holder.

Figura 3.5: Equipo de Hot Tap [14]



Las perforaciones con los equipos TDW 916 y Furmanite IP 508 requieren de exactitud, es por eso que se ideó presentar el siguiente método de cálculo que será necesario para determinar la distancia necesaria para las perforaciones en el ducto. A continuación se presenta una metodología de cálculo en el hot tap:

MEDICIÓN PERFORACIÓN HOT TAP 8" ducto TGP 14"

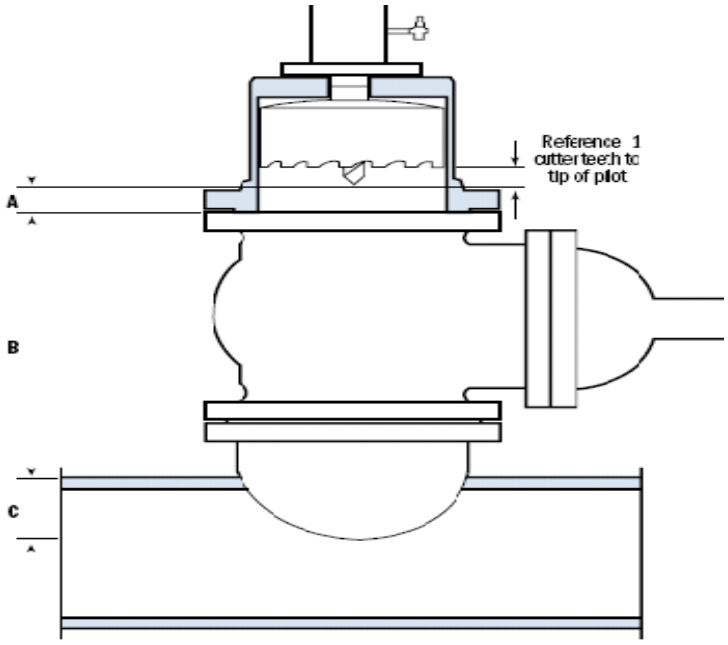
DATOS DE CORTE			mm	pulg
t	Espesor del Tubo	(mm)	7.92	0.31
Ø t	Diemetro externo del TUBO	(pulg)	355.6	14
Ø c	Diametro externo de la Copa Sierra	(mm)	185.67	7.31
	Diametro Interno del ducto		339.76	13.38

DISTANCIAS A MEDIR		mm	pulg
REF	Distancia entre Dientes de la Copa S. a punta de la Mecha (mm)	38.5	1.52
A	Distancia entre la punta de la mecha a la cara del Adaptador (mm)	69.5	2.74
B	Distancia entre Cara de Valvula al Lomo del Ducto (mm)	806	31.73
C	Altura del Cupon a extraer	35.53	1.40
1	Numeros de Ring Joing (Valv - Adaptador) X 6mm c/u	5	0.20
	Altura del Primer Click de la Mecha Guia	44	1.73

DISTANCIA QUE LA MECHA TOCA EL DUCTO	880.5	34.67
DISTANCIA primer pinchaso	888.42	34.98
DISTANCIA QUE LA SIERRA COPA TOCA EL DUCTO	919	36.18

DISTANCIA QUE PASA POR EL PRIMER CLICK	932.42	36.71

MAXIMA DISTANCIA DE PERFORADO (LIMITE)	954.5	37.58



MEDICIÓN PERFORACIÓN HOT TAP 14" DUCTO TGP 14"

DATOS DE CORTE		mm	pulg
t	Espesor del Tubo (mm)	7.92	0.31
Ø t	Diemetro externo del TUBO (pulg)	355.6	14
Ø c	Diametro externo de la Copa Sierra (mm)	323.85	12.75
	Diametro Interno del ducto	339.76	13.38

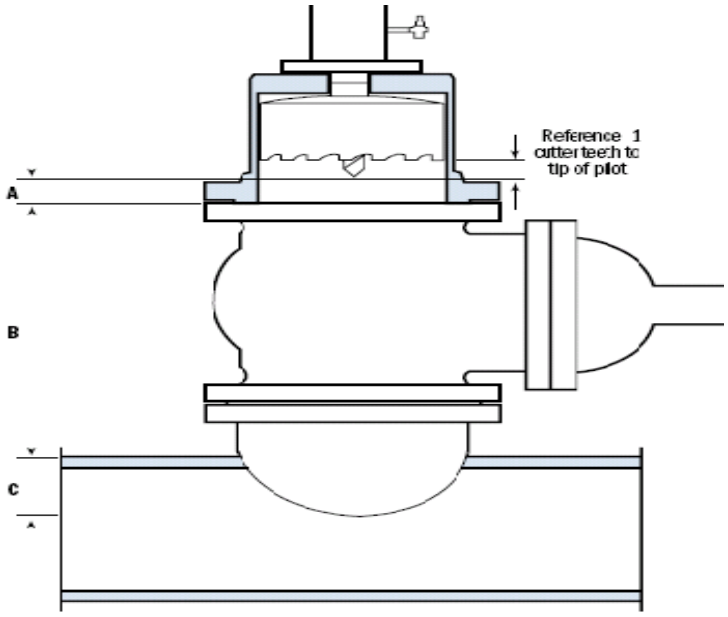
DISTANCIAS A MEDIR		mm	pulg
REF	Distancia entre Dientes de la Copa S. a punta de la Mecha (mm)	38.5	1.52

A	Distancia entre la punta de la mecha a la cara del Adaptador (mm)	69.5	2.74
B	Distancia entre Cara de Valvula al Lomo del Ducto (mm)	806	31.73
C	Altura del Cupon a extraer	126.42	4.98
1	Numeros de Ring Joing (Valv - Adaptador) X 6mm c/u	5	0.20
	Altura del Primer Click de la Mecha Guia	44	1.73

DISTANCIA QUE LA MECHA TOCA EL DUCTO	880.5	34.67
DISTANCIA primer pinchaso	888.42	34.98
DISTANCIA QUE LA SIERRA COPA TOCA EL DUCTO	919	36.18

DISTANCIA QUE PASA POR EL PRIMER CLICK	932.42	36.71

MAXIMA DISTANCIA DE PERFORADO (LIMITE)	1045.4	41.16



Los elementos representativos que se requieren para las perforaciones de 2” son las siguientes: thread lok fitting, valvula esférica de 2”, cutter, Niple / Adaptador de acople, se esquematiza en la figura 3.6.

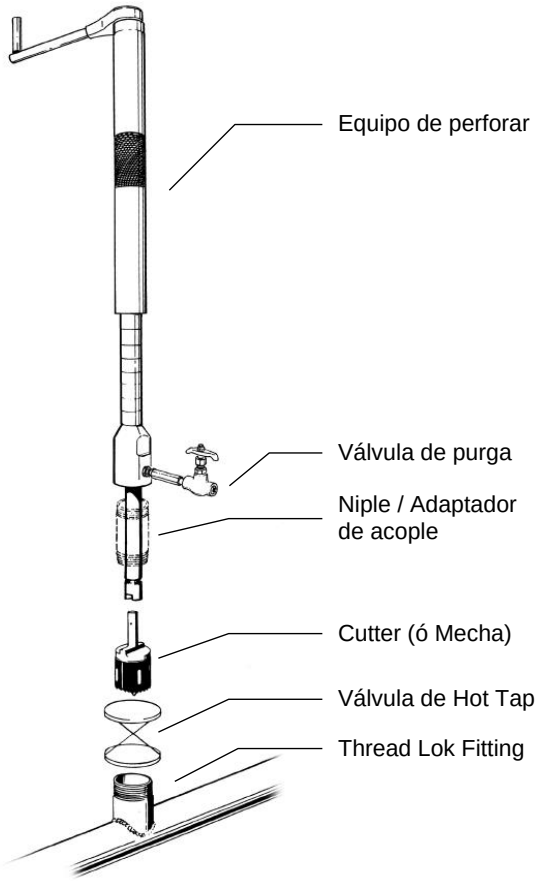


Figura 3.6: Equipo de Hot Tap de 2” [14]

El trabajo de perforación o hot tap requiere la consideración y criterio especializada en estas actividades. El trabajo de investigación determina que es necesario tomar una medida de hot tap para las dos derivaciones sea de 8” y 14”, es por eso, se cree conveniente que la indicada es de 7.31”. Además, es obligatorio tener en cuenta generar ambientes iguales en presión luego de realizar el montaje del equipo del hot tap, es decir, debe estar en la misma presión de la línea de transporte de hidrocarburos. A consecuencia, se procede a presurizar el tramo correspondiente al equipo de hot tap con nitrógeno gaseoso, este desplaza el oxígeno el cual origina un ambiente intrínseco antes de la perforación. Al finalizar la perforación se obtendrá un cupón del mismo material del ducto en servicio.

3.2.2 Selección e Implementación del Equipo de Sellado

El trabajo de Sellado o Line Stop es la operación que consiste obturar la tubería o el ducto en servicio, afectado o no el transporte del producto. Mediante esta operación se puede reemplazar válvulas, tuberías dañadas, etc. Al igual que en las operaciones de hot tap se puede realizar en condiciones de ducto presurizado, ducto presurizado y en servicio, ducto despresurizado y fuera de servicio.

La selección e implementación del equipo de line stop se realizó en base a la explicación en la sección de hot tap. Los equipos de Hot tap se procederán a cambiar la sección de Copa de Sierra y se instalará el cabezal de sellado junto a su elemento sellante. A continuación se denota mediante la figura 3.7 las partes del equipo de line stop: Split tee n”xn”, Válvula Sandwich / Válvula esférica, Housing, Equipo de Line Stop, Cabezal de sellado y Elemento sellante.

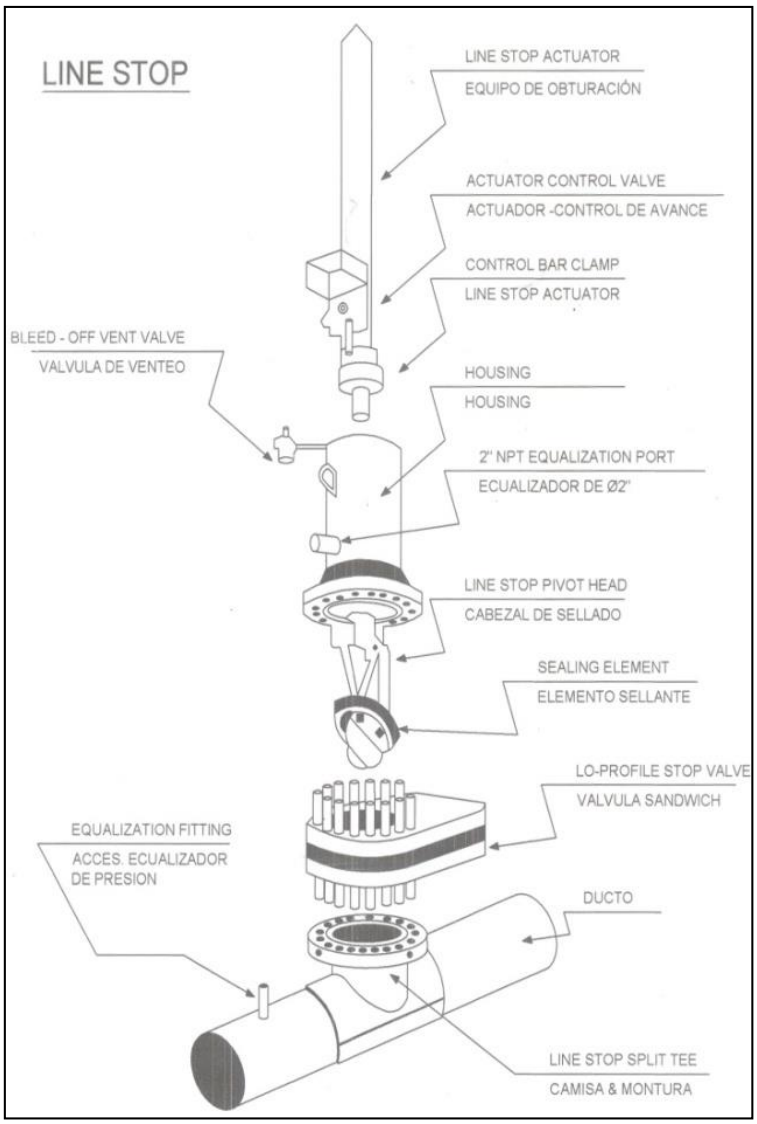


Figura 3.7: Equipo de Stop Line [14]

Al igual que las perforaciones o Hot Taps, las actividades de Line stop requieren exactitud, es por ello que se presenta el cálculo para realizar el sellado temporal del ducto en servicio. El sellado temporal del ducto permitirá la vinculación al 100% de By Pass, de esta manera se despresurizó el tramo del ducto averiado de 14" y así cambiar por un niple en buenas condiciones. De esta forma no se interrumpe el sistema de transporte de líquidos de gas natural NGL.

MEDICIÓN LINE STOP 14"

DATOS DE CORTE			mm	pulg
t	Espesor del Tubo	(mm)	7.92	0.31
Ø t	Diemetro externo del TUBO	(pulg)	355.6	14
Ø c	Diametro externo de la Copa Sierra *LS	(mm)	331.72	13.06
	Diametro Interno del ducto		339.76	13.38

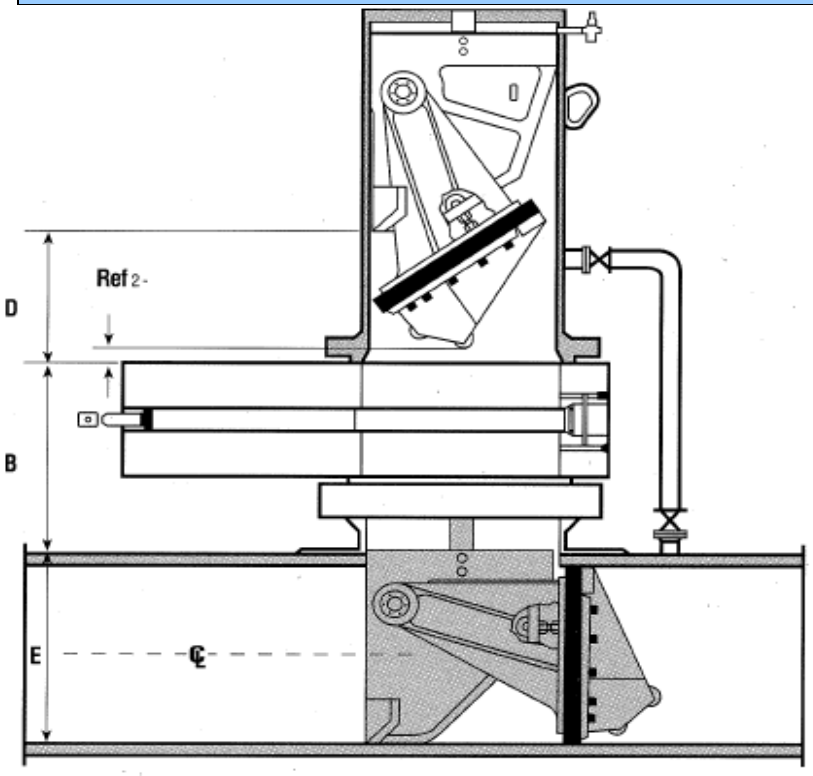
DISTANCIAS A MEDIR		mm	pulg
REF	Distancia entre punta de rueda de cabezal a la cara del Housing (mm)	0	0.00
D	Distancia entre Pie de Apoyo del cabezal a la cara del Housing (mm)	165	6.50
B	Distancia entre Cara de Valvula Sandwich al Lomo del Ducto (mm)	485	19.09
E	Diametro Externo - 01 espesor	347.68	13.69
1	Numeros de Ring Joing (Valv - Adaptador) X 6mm c/u	5	0.20

EL PUNTO CERO DEL EQUIPOS ES: (2.5 ")	1.75	MEDIDA REAL

DISTANCIA QUE LA RUEDA TOCA EL DUCTO	837.68	32.98	34.73

DISTANCIA BARRIDO CON SELLO	920.18	36.23	37.98

MAXIMA FINAL DE SELLO	1002.7	39.48	41.23



Capítulo IV: Combustión del Gas y Prevención de la Corrosión en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

4.1 Combustión del Gas en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

4.1.1 Implementación de Tanques de Choque

La implementación de tanques de choque tiene como objetivo principal separar el hidrocarburo del tramo afectado por la anomalía. Se conoce que el sistema de transporte de NGL al perder presión y temperatura cambia el estado físico del hidrocarburo obteniendo componentes gaseosos (NG) y otros hidrocarburos en estado líquido. A consecuencia, se requiere reinyectar el hidrocarburo líquido al sistema de transporte. Por lo tanto, es necesario realizar el almacenaje del hidrocarburo y separar los componentes gaseosos y líquidos del hidrocarburo.

Por ello, se implementa el separador industrial portátil de hidrocarburos de estado gaseoso y líquido. Se obtendrá el diagrama de instrumentación que se presenta a continuación en la figura 4.1:

Figura 4.1: Esquema de Implementación del Tanque de Choque

4.1.2 Implementación de Flares o Quemadores

Una vez realizado la separación del hidrocarburo líquido y gaseoso en el separador industrial o tanque de choque, se canaliza el producto gaseoso, gas natural (NG), hacia los flares o quemadores a fin de realizar el proceso químico de la combustión u oxidación del producto, representado con la siguiente reacción química de la ecuación 4.1:

$$Combustible + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2 + Energía$$

Ecuación 4.1: Fórmula química de la combustión [11].

Los cambios grandes de presión y temperatura ocasionaron que gran parte de su condición física del líquido de gas natural (NGL) cambie su estado del producto. A continuación, presentamos el diagrama de instrumentación de la implementación de los flares o quemadores acondicionados de acuerdo a la realidad en campo como lo representa la figura 4.2.

Figura 4.2: Esquema de Implementación del Flare

4.2 Prevención de la Corrosión en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

4.2.1 Técnica de Protección Catódica

La técnica de implementación de protección catódica se desarrolla a fin de evitar la corrosión en tuberías de acero debido a factores que se detalló en la sección teórica del proyecto de tesis. La intervención que se ha realizado al ducto del sistema de transporte de líquidos de gas natural (NGL) se encuentra en la última etapa de ejecución, para ello, se requiere instalar un sistema

electrónico de protección contra la corrosión basándonos en las condiciones específicas que presenta la zona territorial de Cachi-Ayacucho.

Se procederá a implementar una distribución uniforme de ánodos de protección catódica, estos evitarán el deterioro del material de la tubería a través del método de la corriente impresa. Dicha corriente mantendrá el potencial de electricidad de -0.85V entre el ánodo de protección catódica y el ducto instalado bajo tierra.

La generación del potencial eléctrico en la distribución de ánodos de protección catódica se basará a la implementación del Termogenerador que permitirá distribuir la corriente eléctrica a fin de evitar el deterioro del ducto.

La instalación de postes de protección catódica permitirá la medición periódica de los potenciales comprendido entre ánodo de sacrificio y el ducto enterrado. Los postes de protección catódica presentarán el arreglo de cableado eléctrico conectados al ducto enterrado por medio de la soldadura exotérmica realizada. A continuación presentamos el diagrama de circuito eléctrico simbólico en la figura 4.3 aplicado al tema de investigación y su respectiva ecuación 4.2. Además, la distribución de la implementación de los ánodos de sacrificio y el termogenerador de acuerdo a la figura 4.4.

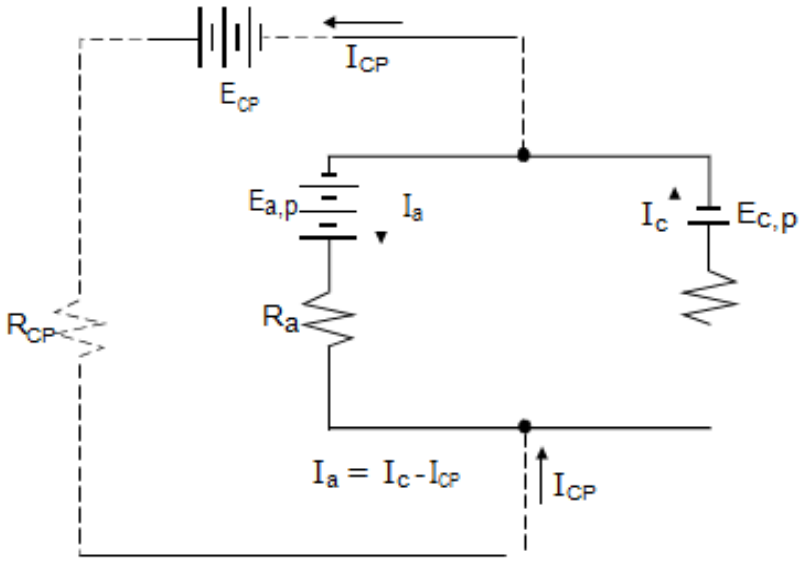


Figura 4.3: Modelo de Circuito de Protección Catódica [17].

Ia = Ic – ICP

Ecuación 4.2: Fórmula aplicada de Ley de Kirchhoff [17].

Donde:

ICP = corriente de protección catódica (A)

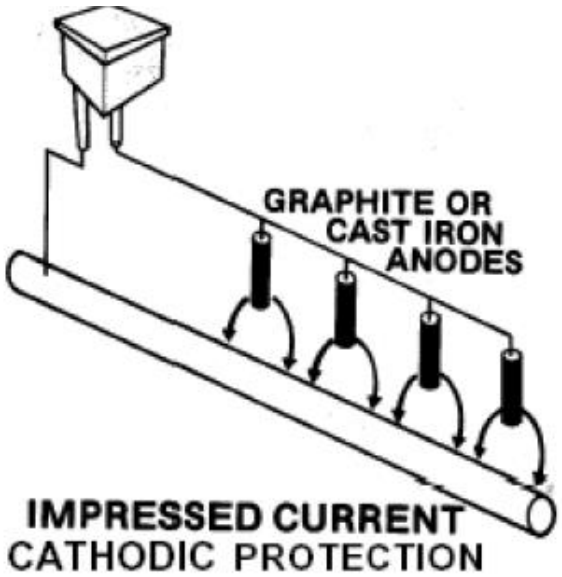


Figura 4.4: Aplicación de Protección Catódica en Tuberías [17]

4.2.2 Técnica de Inspección y Ensayo de Recubrimientos

La sección de inspección y ensayo de recubrimientos para tuberías y accesorios enterrados garantiza la permanencia del material de cada uno de ellos en el tiempo, aplicando estándares y normas americanas aplicadas en Perú mencionadas por la asociación americana de ingenieros de la corrosión (NACE). Dicha asociación conformada por ingenieros electrónicos especializados en temas de protección catódica y corrosión de materiales.

La etapa de atención y asistencia ante una ruptura del ducto en el sistema de transporte de líquidos de gas natural (NGL), se encuentra en su última fase. Se necesita proteger y aislar la

tubería y accesorios sin recubrimientos debido a que se encuentran expuestos al medio y por ende, expuestos a sufrir el proceso de la corrosión del material.

A consecuencia, se encuentra en la zona de trabajo juntas de soldadura (tubería-tubería), Split Tee 14”x14”, Split Tee 14”x8”, Bridas Ciegas de 14” y 8”, Weldolet y Threadolet expuestos al medio ambiente.

Se realiza los siguientes pasos como medida de protección de la corrosión:

Primero, limpieza y remoción de impurezas alojadas en las tuberías y accesorios en general a causa de las condiciones ambientales de la zona. Además, acondicionar la superficie de cada uno de ellos aplicando la norma SSPC-SP-3.

Segundo, medición y control de los parámetros de rugosidad del material y las condiciones ambientales mediante el rugosímetro y el termohigómetro (%humedad relativa, temperatura ambiente y temperatura del material).

Tercero, la aplicación del recubrimiento anticorrosivo (resina y catalizador) se debe realizar con un perfil de anclaje de los materiales de 75um a 125um con el equipo que muestra la figura 4.5, medición de rugosidad con el equipo que muestra la figura 4.6 y su % humedad relativa menor a 85% mediante la medición con el equipo de la figura 4.7. En el sector de sierra se aplicará la pintura SP2888 debido a la disponibilidad en el sector, caso contrario también sería aplicable la pintura de recubrimiento SP4888, pero a condiciones de humedad relativa mayor al 85%.

Finalmente, el control de calidad del trabajo de recubrimiento por pinturas epóxicas se realiza a las 24 horas, mediante la verificación del espesor de la pintura mediante el medidor de espesor por ultrasonido ELCOMETER representado por la figura 4.8 consiguiendo en promedio mediciones de 34 mils o 850 um. La comprobación de discontinuidades o holidays en las tuberías y accesorios se realiza mediante la aplicación de voltaje al recubrimiento, en caso de encontrar holidays se emitirá un chispazo. Cabe adicionar, que por cada 1 mils de espesor de pintura se aplicará 100 voltios de prueba de verificación y calibrará el detector de holiday

ELCOMETER como muestra la figura 4.9. Las medidas tomadas en función a la prevención de la corrosión es la norma B31.4. (Ver anexo 10)

Figura 4.5: Equipo Roto Peen [17].

Figura 4.6: Equipo de Medición de Rugosidad [17].

Figura 4.7: Equipo de Medición de parámetros ambientales – Termohigrómetro [17].

Figura 4.8: Equipo de Medición de Película Seca [17].

Figura 4.9: Equipo Detector de Holiday [17].

Capítulo V: Costos y Rentabilidad en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

5.1 Costos en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

La sección de costos en el presente proyecto de investigación e ingeniería aplicada, se toma en consideración los costos de importancia que generan un gran flujo de dinero en el tema operativo relacionado con la producción. Se presenta a continuación los costos que han sido considerados como materiales específicos, herramientas, personal involucrado (operativo y supervisión) y maquinaria y transporte que han sido utilizados y debitados en la atención de la ruptura del ducto en el sistema de transporte de líquidos de gas natural NGL en la ciudad de Ayacucho. Se adjunta el análisis de costos generados [19].

COSTOS GENERADOS EN LA INTERVENCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LÍQUIDOS DE GAS NATURAL NGL EN CACHI - AYACUCHO EN EL 2012

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO ($DÓLARES)	HORAS X DÍA	TOTAL DÍAS	COSTO TOTAL ($ DÓLARES)
SPLIT TEE 14x14	2	PZA	25000	*	*	50000
SPLIT TEE 14x8	4	PZA	20000	*	*	80000
VALVULA SANDWICH 14 S900	1	PZA	50000	*	*	50000
VALVULA SANDWICH 14 S600	2	PZA	40000	*	*	80000
VALVULA ESFERICA 8 S900	2	PZA	30000	*	*	60000

TUBERIA DE 14	33	MTS	1000	*	*	33000
TUBERIA DE 10	132	MTS	900	*	*	118800
CODO 90° 10"	2	PZA	200	*	*	400
CODO 90° 8"	2	PZA	100	*	*	200
REDUCCION DE 10" A 8"	2	PZA	100	*	*	200
BRIDA WN DE 8"	2	PZA	800	*	*	1600
BRIDA CIEGA DE 8"	2	PZA	800	*	*	1600
BRIDA CIEGA DE 14"	4	PZA	1000	*	*	4000
WELDOLET DE 2"	6	PZA	50	*	*	300
THREADOLET DE 10"x3/4"	6	PZA	30	*	*	180
VALVULAS ESFERICAS 2" S1500	6	PZA	150	*	*	900
VALVULAS AGUJA DE 1/2"S1500	4	PZA	20	*	*	80
SOLDADURA	400	KG	20	*	*	8000
SUB TOTAL						489260

HERRAMIENTAS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO ($DÓLARES)	HORAS X DÍA	TOTAL DÍAS	COSTO TOTAL ($ DÓLARES)
PIG INTELIGENTE	1	PZA	1000	24	2	48000

MOTOSOLDADORAS	4	PZA	15	8	10	4800
AMOLADORAS	8	PZA	5	8	13	4160
ROTO PEEN	1	PZA	5	6	3	90
GENERADOR DE 25 KVA	3	PZA	25	10	13	9750
GENERADOR AMIDA	4	PZA	10	10	13	5200
SUB TOTAL						72000

PERSONAL	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO ($DÓLARES)	HORAS X DIA	TOTAL DIAS	COSTO TOTAL ($ DÓLARES)
OPERARIO-100	100	HOMBRES	15	10	16	240000
SUPERVISION-10	10	HOMBRES	50	10	16	80000
SUB TOTAL						320000

MAQUINARIA Y TRANSPORTE	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO ($DÓLARES)	HORAS X DÍA	TOTAL DÍAS	COSTO TOTAL ($ DÓLARES)
CAMIONETA PICK-UP	10	PZA	20	6	16	19200
COMBI DE 24 PACK	4	PZA	30	6	16	11520
EXCAVADORA 320	3	PZA	80	6	16	23040

VOLQUETE DE 8M3	3	PZA	40	6	16	11520
CISTERNA DE AGUA	1	PZA	20	6	16	1920
CISTERNA DE COMBUSTIBLE	1	PZA	30	6	16	2880
HIDROGUAS DE 13TN	2	PZA	30	6	16	5760
SUB TOTAL						75840

SUMA TOTAL	957100
IGV 18%	172278
TOTAL	1129378

Los costos generados y a su vez presentados en los cuadros anteriores han sido detallados de acuerdo al costo unitario, horas hombre y horas máquina a cotización de moneda internacional, es decir, dólares americanos.

Los precios detallados están presentados de acuerdo a montos sub total de cada sector considerado y finalmente el IGV generado ante la atención del servicio, generando una inversión en reparación más de 10.7 millones de dólares americanos.

5.2 Rentabilidad en el Ducto Peruano de Líquidos de Gas Natural NGL

La sección de rentabilidad en el presente proyecto de ingeniería aplicada se evaluarán si las actividades realizadas y detalladas en la sección anterior son realmente rentables en base al costo por producción del día, mensual y anual.

A continuación se presenta un cuadro detallado de la producción y el flujo de dinero considerando el precio por barril de líquidos de gas natural NGL en el sistema de transporte de líquidos de gas natural a través de una empresa del sector privado.

PRODUCCIÓN DE LÍQUIDOS DE GAS NATURAL NGL

CONSORCIO CAMISEA

PRODUCCIÓN	2012	UNIDAD	2013	UNIDAD	2014	UNIDAD
DIARIA	86	MBPD	105	MBPD	128	MBPD
AÑO COMERCIAL	30960	MB	37800	MB	46080	MB

Fuente: Osinergmin [20]

COSTO PRODUCCIÓN	2012	MONEDA	2013	MONEDA	2014	MONEDA
DÍA	301860	DÓLARES	368550	DÓLARES	449280	DÓLARES
MES	9055800	DÓLARES	11056500	DÓLARES	13478400	DÓLARES
AÑO COMERCIAL	108669600	DÓLARES	132678000	DÓLARES	161740800	DÓLARES

Fuente TGP: $3.51 x Barril [20]

El cuadro anterior detalla que en el año 2012, se realizó la producción de 30 960 000 barriles de NGL. Además, en el 2013 se generó la producción de 37 800 000 barriles de NGL, y finalmente este 2014, se tiene proyectado 46 080 000 barriles de NGL. Los datos que se muestran en el cuadro fueron reportados al Organismo Fiscalizador OSINERGMIN.

Por lo tanto, considerando el valor económico que proporciona la empresa privada al Estado Peruano fluctúa a 3.51 dólares americano por barril de NGL. Entonces, la producción generada en el año 2012 asciende a más de 108 millones de dólares americanos, el año 2013 a más de 132 millones de dólares americanos, y finalmente para este 2014, se tiene proyectado generar más de 161 millones de dólares americanos.

Los datos calculados de acuerdo a la producción anual que genera la empresa a través del sistema de transporte de líquidos de gas natural NGL, se determina la importancia que presenta el mismo anualmente.

La rentabilidad que se genera en este proyecto es sumamente considerable comparando con la ganancia que se genera a través del sistema del transporte de líquidos de gas natural NGL. Se tiene a continuación el análisis de rentabilidad de acuerdo a la ecuación 5.1 [18]:

$$\boldsymbol{Rentabilidad = \frac{Ganancia}{Inversión} * 100}$$

Ecuación 5.1: Fórmula de Rentabilidad [18].

Aplicando los datos del cuadro se tendrá lo siguiente:

Rentabilidad = ((90MM de dólares) / (11MM de dólares)) * 100

Rentabilidad = 818%

El proyecto que se ejecutó en la ciudad de Ayacucho basado en la atención del sistema de transporte de líquidos de gas natural NGL es rentable de acuerdo a los datos proporcionados por Osinergmin y la empresa privada.

Conclusiones

El inicio del proyecto de investigación es crucial y determinante para su ejecución y desarrollo en las diferentes etapas que se presenta en su estructura. Una de ellas es la etapa de detección de la anomalía en el Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL mediante la utilización de equipos inteligentes como es el Smart Pig. Se comprobó que luego de retirar la información captada por el instrumento de inspección interna y externa de ductos, efectivamente, existía discontinuidades en la estructura del material de la tubería; el software del equipo reportó variaciones de tonalidades en los gráficos que permitió hallar el tramo defectuoso y su altimetría correspondiente en el Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL en el Sector de Cachi-Ayacucho. Luego de tener la información precisa de la ubicación de la discontinuidad en el ducto, esto permitió diseñar y analizar el sistema de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL.

El proceso de diseño del By pass temporal en este tema de investigación se realizó mediante el cálculo de ingeniería utilizando la norma ASME B31.4 y apoyo de la norma API 1104. Los cálculos se realizó utilizando variables conocidas en la operación del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL, el cual nos permitió demostrar e implementar la ingeniería diseñada en la tesis de investigación, estructurada y presentada de acuerdo las etapas involucradas en la atención de la eventualidad.

En el proceso de desarrollo de soldadura de las uniones biseladas se debe considerar las condiciones climáticas al cual está sometida la fundición entre el material base y material de aporte. Uno de ellos es la presencia de aire en la zona de trabajo debido al relieve geográfico de Cachi-Ayacucho, el cual origina la presencia de porosidad en la junta de soldadura, por ello, se acondicionó el ambiente de soldadura a estar aislado del viento.

Los procesos de soldadura ejecutados en el punto de atención de la anomalía del Sistema de Transporte de NGL se realizaron por el personal calificado de acuerdo a los procedimientos de soldadura establecidos y aprobados en base a las normas ASME B31.4 y API 1104. Estas normas establecen que los procedimientos están estructurados considerando variables

importantes como tipo de material, tipo de electrodo, diseño de junta, corriente aplicada a la soldadura y otros. Por lo tanto, cualquier variación o cambio en las variables en el desarrollo de la soldadura, no reunirá las condiciones adecuadas para ser aprobada por el criterio de aceptación que lo establece los estándares mencionados y aplicados a lo largo del Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL.

La etapa de ensayos no destructivos ejecutados después de las actividades de soldadura permiten evaluar la condición en que se encuentra el material visiblemente como también a nivel micro estructural afectada por el calor aplicado antes, durante y después de la soldadura de dos materiales basado en la norma americana ASME B31.4 y API 1104.

Los ensayos no destructivos que permiten identificar si una junta de soldadura tipo tope o tipo filete está en buenas condiciones son por inspección visual (VT) y por tintes penetrantes (PT), aquellas que dan confiabilidad del trabajo realizado por el personal operario. En ambos casos, se aplicó los criterios de evaluación basándonos en la norma API 1104 como no encontrar imperfecciones visibles de soldadura, socavaciones del material aledaño a la soldadura y fisura superficial del material soldado.

El ensayo no destructivo que contribuye a la liberación de las juntas de soldadura es por rayos gamma gráficos (RT), aquel aprobará si cumple con los criterios de evaluación que lo exige la norma API 1104 basada en no presentar socavaciones aledañas del material soldado en el interior del ducto, falta de penetración de la soldadura aplicada en la junta, falta de fusión en la soldadura realizada, presencia de escoria en el interior de la soldadura y finalmente, presencia de porosidad que pasan el limite permisible.

Los ensayos no destructivos que consideran su evaluación a los materiales soldados son el ensayo de dureza (HARD) y el ensayo de ultrasonido (UT) de 60° y 70°. Primeramente, el ensayo de dureza permite evaluar y dar de alta mediante la toma de promedios de dureza del equipo durómetro alrededor de la zona de soldadura y en los puntos que marcan el reloj 0, 3, 6, 9 horas. Si la toma de promedios en los puntos establecidos muestran lecturas iguales o mayores de 350 vicker, se considerará que el material soldado es muy duro y por ende muy frágil y no apto para ser puesto en operación. Finalmente, el ensayo no destructivo en la modalidad de ultrasonido (UT) de 60° y 70° evaluará el estado micro estructural del material aledaño a la

junta de soldadura, aquella zona afectada por el calor antes y durante. La prueba de ultrasonido en las dos modalidades permitirá evaluar si el material presenta laminaciones estructurales al nivel microscópico que atentan a su integridad y en efecto la norma API 1104 no acepta poner en marcha u operación el tramo diseñado bajo esas condiciones.

El proceso de prueba hidrostática experimentado en la tesis de investigación ha asegurado que las tuberías de diámetro de 14” y 10” están capaces de realizar la operación de transporte de líquidos de gas natural basado en la ingeniería de diseño de la norma ASME B31.4. Además, se comprueba que durante la prueba hidrostática realizada al spool del By Pass de diámetro de 10” y el tramo de tubería de diámetro de 14” sufren disminución de temperatura y en consecuencia, caída de presión permisible debido a los cambios de temperatura en la zona de trabajo.

La implementación de válvulas tipo bola o esférica, válvulas tipo aguja, válvulas check e instrumentos de medición de parámetros físicos como temperatura y presión permiten comprobar que están diseñados y contrastados para operaciones de precisión y seguridad en las actividades de alto riesgo que son sometidos: presión de fluido mayores a los 100 bares y temperatura menor a los 0°C.

Las válvulas empleadas en la etapa de prueba hidrostática, específicamente de serie $900, 5000Lb, 10000Lb que operan a presiones altas. Estas deberán ser presentadas con su documento de calidad por parte del fabricante avalando la norma ASME B31.4. Adicionalmente, se realizó la inspección hidrostáticamente del cuerpo de la válvula y los dos sellos de la válvula que determinarán las condiciones reales de entrega del equipo al cliente.

El proceso de Hot Tap aplicado en el Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural demuestra el modelo de cálculo determinante y real que facilitará la perforación y extracción del cupón (material obtenido después de la perforación al ducto de NGL) en la atención de la anomalía en la localidad de Cachi-Ayacucho.

El Hot Tap realizado en los seis puntos que fueron explicados en el capítulo relacionado a esta actividad. Este tipo de actividades de exactitud requieren acondicionar medios isobáricos comprendidos entre las dos secciones, la tubería en servicio y el tramo de carrera de la broca

del equipo de Hot Tap. Cabe resaltar que la tubería está presurizada a más de 100 bares y el tramo de carrera de la broca está a 0 bares.

La etapa de presurización y acondicionamiento de medios isobáricos en la etapa de Hot Tap y Stop Line, se ejecutó garantizando la seguridad del trabajo mediante la utilización del gas nitrógeno comprimido. Aquel compuesto que tiene comportamiento intrínseco debido a que desplaza el oxígeno de un determinado espacio, el cual evita la creación del fuego.

El proceso de Stop Line o Sellado temporal del tramo de ducto averiado se comprobó que se realizó efectivamente el aislado del ducto comprometido mediante la comprobación periódica de los instrumentos de medición de presión y medidores de mezcla de gases. Por consiguiente, se logró poner en marcha el By pass temporal al Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL.

La combustión del gas remanente hallado en el tramo comprendido necesita el trasvase del hidrocarburo desde la tubería hacia los tanques separadores. Para ello, se implementó el sistema de bombeo ignífugo que evite generar cualquier ignición, es por ello, se adecuará una bomba neumática situada entre el separador del hidrocarburo y la tubería.

El tanque utilizado en la fase de combustión del gas cumple dos funciones, la primera y principal, es de separador de hidrocarburo líquido y gaseoso. La segunda es de almacenamiento del hidrocarburo líquido. En adición, debido al estado físico que se encuentran ambos combustibles, líquido y gaseoso. El hidrocarburo gaseoso se direccionó a la sección del Flare o quemador, facilitando que se genere la quema del gas natural en la localidad de Cachi-Ayacucho. El hidrocarburo líquido será reingresado al Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL desde la planta de bombeo más cercana, es decir, la planta de bombeo PS3.

Las técnicas aplicadas al Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural NGL cuyo fin es evitar la corrosión del material de las tuberías, son la protección catódica e inspección y ensayos por recubrimientos. La etapa de protección catódica se realizó mediante la implementación de cama de ánodos. Estos últimos inyectarán corriente al Sistema de Transporte de Líquidos generando potenciales eléctricos -0.85 voltios, potencial necesario para evitar la corrosión del material de la tubería instalada. Se realizaron las mediciones en los diferentes puntos instalados

hallando un promedio de -0.85 voltios basado en la norma americana ASME B31.4 y la Asociación NACE.

La fase de inspección y ensayos por recubrimientos se implementó bajo el estándar NACE, el cual detalla que para situaciones y aplicaciones de materiales metálicos expuestos al medio, se requiere la aplicación de recubrimientos especializados para evitar la corrosión. Se realizó la preparación adecuada del material de la tubería, medición y control de adherencia (rugosidad), aplicación del recubrimiento anticorrosivo en condiciones ambientales adecuadas (medición de la humedad relativa), medición de espesor de película y control de uniformidad en los accesorios pintados. Todos los procesos de inspección y ensayos por recubrimientos se realizaron bajo la norma ASME B31.4 y NACE.

Los costos generados por la intervención y atención de la anomalía en el sistema de transporte de líquidos de gas natural NGL demuestra el trabajo realizado por las diferentes disciplinas de ingeniería y su complejidad de su desarrollo.

La rentabilidad que genera el sistema de transporte de líquidos de gas natural NGL ha demostrado mediante datos proporcionados por el organismo fiscalizador Osinergmin que proporciona ingresos preponderables al Perú, capaces de solventar proyectos de masificación, expansión y atención del ducto de líquidos de gas natural NGL.

El desarrollo del presente tema de investigación permite demostrar que los mega proyectos desarrollados en el rubro gasífero y en el Perú recién está naciendo y creciendo, el cual facilitará por optar una nueva posibilidad de generación de energía al país y también la oportunidad de crecimiento de los nuevos profesionales involucrados a la ingeniería, procura, construcción y dirección de proyectos en empresas transnacionales.

Referencias Bibliográficas

[1] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 81 - 2008

[2] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 82 - 2008

[3] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 84 - 2009

[4] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 87 - 2010

[5] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 60 – 2001

[6] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 64 - 2002

[7] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 67 - 2003

[8] Techint Ingeniería & Construcción. Techint Noticias N° 71 – 2004

[9] Studebaker John M. Effectively Managing Natural Gas Costs ISBN 0-88173-499-3 (2005)

[10] Speight James G. Natural Gas: A Basic HandBook ISBN 1-933762-14-4 (2007)

[11] American Society of Mechanical Engineers ASME. Norma ASME B31.4: Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Others Liquids 2009

[12] American Petroleum Institute API. Norma API 1104: Welding of Pipelines and Related Facilities. Twentieth Edition 2005

[13] American Petroleum Institute API. Norma API 5L: Specification for Line Pipe. Forty Second Edition 2000

[14] American Petroleum Institute API. Norma API RP 2201: Procedures for Welding or Hot Tapping on Equipment in Service. Fourth Edition 1995

[15] American Petroleum Institute API. Norma API 1160: Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines. First Edition 2001

[16] National Association of Corrosion Engineers NACE. CP 2 Cathodic Protection Technician (2009)

[17] National Association of Corrosion Engineers NACE. CP 3 Cathodic Protection Superior Technician (2007)

[18] Companys Pascual Ramón. Planificación y Rentabilidad de Proyectos Industriales ISBN 84-267-0717-3

[19] Compañía Operadora del Gas del Amazonas COGA. Contrato de Prestación de Servicios para Atención y Mantenimiento del Sistema de Transporte y Trabajos de Geotecnia (2014).
[20] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN. Boletín Estadístico de la Industria del Gas Natural (2014)
[21] Techint Ingeniería & Construcción. Proyecto de Obras Civiles, Metálicas, Electricidad e Instrumentación 4to Filtro F-3101D y Válvula Antichoque en PCCH – Ayacucho (2013-2014).
[22] Techint Ingeniería & Construcción. Proyecto de Obras Civiles, Metálicas, Electricidad e Instrumentación; Instalación de By Pass de Calidda – Fenix Power - Chilca (2013).

ANEXOS

Anexo 01: Pig Inteligente para inspección de tuberías

METALLIC PIPELINE INSPECTIO

Magnetic Flux Leakage (MFL)

Magnetic flux leakage (MFL) is used to detect corrosion and pitting in lined metallic pipelines.

What is Magnetic Flux Leakage?

Magnetic Flux Leakage (MFL) is the most accurate method of metallic pipeline inspection using advanced nondestructive testing methods. In-line **MFL** is used to scan the full circumference and length of a pipeline at an extra-high resolution. **MFL** scans the pipe through linings to measure remaining wall thickness and provides depth and location of metal wall loss.

How it Works

High powered magnets are used to temporarily magnetize ferrous pipelines. Sensors are positioned to record any deviation in the field. If the magnetic field is uniform, there are no flaws in the wall of the pipe. If internal or external flaws are present, such as pitting or corrosion, the magnetic field is distorted, and this distortion or "leakage" can be measured by the sensors. Contact with the pipe wall is not a requirement to accurately detect flaws.

Why Use MFL?

- *Rather than replace a metallic main, condition assessment and spot repair can often extend the remaining useful life of a pipe for decades*
- *MFL provides detailed data on the pipe wall thickness for pipe diameters eight inches (203 mm) and larger*
- *Allows pipeline managers to proactively manage a pipeline by repairing problematic locations*
- *Inspection and repair reduces the risk of pipeline failure*

The Pure MFL Solution

- *MFL offers a method of locating and quantifying the extent of corrosion in metallic pipelines*
- *Structural analysis based on the MFL data offers an early indication of failure mechanisms and determines the risk associated with a pipeline*
- *Allows clients to prioritize pipeline repair, replacement and monitoring programs*
- *Extra High Resolution (XHR) geometry sensors for detecting dents, bulges, wrinkles, buckles, and other geometric anomalies*

12 inch XHR MFL
In-Line Inspection Tool

Combined MFL and geometry surveys available

Physical Dimensions and Inspection Specifications

	PHYSICAL CHARACTERISTICS
Metal Loss Sensors	144 hall effect; 0.26" uniform circumferential spacing
Pipe Axis Sample Rate	Each sensor reads 1403 times per second (.063" at 5 MPH)
ID/OD Sensors	Continuous full circumferential coverage
Location Sensors	Odometers; speed integration; 6 axis strap down inertial sensor integration; GPS surface markers with pig passing indicators; pipeline feature recognition
Auxiliary Sensors	Internal temperature; coordinated system clock; shock sensor
Data Recorded	12 bit permanent record from each sample
Tool Length	7.70 ft (2.35 m) tip-to-tip
Tool Weight	580 lbs (265 kg)
	OPERATING ENVIRONMENT
Maximum Tool Speed	10 mph (with pipe axis sample spacing of 0.125"); faster speeds increase sample spacing
Maximum Pressure	2000 psi (138 bar)
Maximum Temperature	130° F (54° C)
Maximum Wall Thickness	0.625" for rated resolution
Minimum Bend Radius	1½ D
Minimum Local Bore	80% standard pipe ID (75% Pipe OD)
Lateral Joints	Passes full bore barred or unbarred tees
Run Time	50 hour standard
Range	250 miles standard
	PRELIMINARY DEFECT CHARACTERIZATION SPECIFICATION
Pit Corrosion (A<3t×3t)	Minimum identifiable defect depth: 0.05t
	Minimum quantifiable defect depth: 0.05t
	Depth accuracy ±8% WT
	Length accuracy ±0.2"
	Width accuracy ±0.5"
Broad Corrosion (A<3t×3t)	Minimum identifiable defect depth: 0.05t
	Minimum quantifiable defect depth: 0.05t
	Depth accuracy ±8% WT
	Length accuracy ±0.5"
	Width accuracy ±1.2"
Location Accuracy	Axial ±1% of distance from nearest recognizable pipeline feature or ±3" when referenced to a girth weld on the same pipe joint
	Radial ±10°

*Consult your Pure Technologies Ltd. representative for additional sizes and configurations

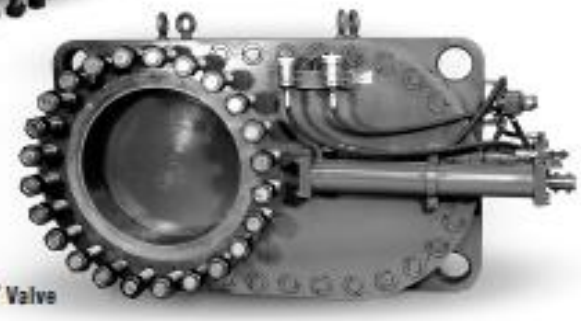
Anexo 02: Válvula Sándwich

SANDWICH® Valves

Sizes: 4-inch and larger

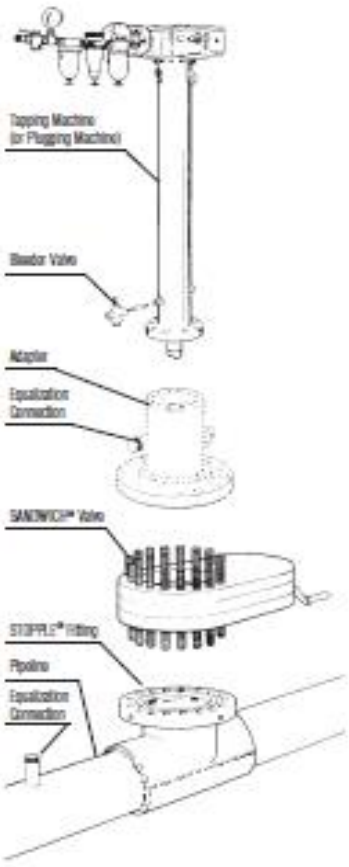
T.D. Williamson, Inc.
Bulletin No: 1020.001.02
Date: July 2010
Cross Indexing No: n/a
Supersedes: 1020.001.01

■ SANDWICH® Valve



■ Hydraulic SANDWICH® Valve

■ Typical Setup



Description

SANDWICH® Valves are designed for use with TDW Tapping Machines, TDW STOPPLE® Plugging Machines, and fittings with LOCK-O-RING® Flanges during hot tapping and plugging operations. SANDWICH Valves have flat-faced, serrated gasket surfaces and are supplied to match ASME Class 150, 300, 400 or 600 flanges.

SHORTSTOPP® 500 requires the use of 4" through 12" ASME Class 300 SANDWICH Valves.

Features

TDW SANDWICH Valves average 75% less total face-to-face dimensions than conventional valves, which means less installation time and easier handling and functioning in tight places where other equipment would be difficult or impossible to use.

The SANDWICH Valve is bidirectional and can be installed on the fitting in any direction as long as the bore of the valve is in line with the fitting bore. The valve can be oriented parallel or perpendicular to the pipeline to fit the excavation.

Other design features of the SANDWICH Valve include an oversized bore, positive shutoff, a built-in pressure equalizing valve and integral flange studs.

Options

T. D. Williamson, Inc., is committed to providing you with the exact product to assist you in planning, budgeting and meeting the specifications for your individual application needs. The following options are available:

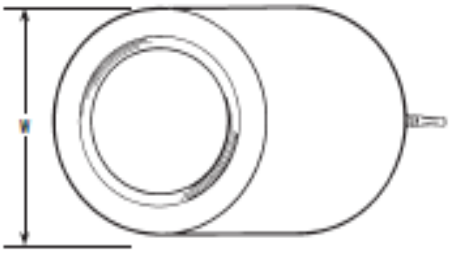
Available in sizes 4" (100 mm) through 22" is hand operated, 24" and larger valves are hydraulically operated.

ISO 9001 Certified

Toll Free
1-888-TDWmSon (839-6766)

T.D. Williamson, Inc. ■ P.O. Box 3409 ■ Tulsa, Oklahoma 74101-3409 ■ 918-447-5100 ■ Fax: 918-446-6327 ■ www.tdwilliamson.com

SANDWICH® Valves



Class 150*

Size		Approx. Weight		W-Width		L-Open		L-Closed		H-Face to Face		F-Overall		
Inches	mm	Lbs.	Kg.	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Part Number
14	350	1150	522	26-1/8	664	38-5/8	981	38-5/8	981	6-1/2	165	13-1/2	343	09-0183-0000
18	450	1650	748	25	635	45-1/8	1146	45-1/8	1146	7-3/4	197	15-1/8	384	09-0513-0000
20	500	2000	907	27-1/2	699	53-1/8	1349	53-1/8	1349	7-5/8	194	14-1/8	359	09-0137-0000
24	600	3660	1660	32	813	58-1/4	1480	58-1/4	1480	10-3/8	264	19-3/8	492	09-0109-0000
30	750	7900	3583	38-3/4	984	114-5/8	2911	84	2134	10-5/8	270	18-3/8	467	09-0891-0000

*Covers bolt pattern only. See Maximum Operating Pressures Chart.

Class 300*

Size		Approx. Weight		W-Width		L-Open		L-Closed		H-Face to Face		F-Overall		
Inches	mm	Lbs.	Kg.	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Part Number
4**	100	153	69	10	254	20-5/8	524	20-5/8	524	4-1/4	108	9-1/4	235	09-0097-0000
6**	150	260	118	12-1/2	318	25	635	25	635	5-1/2	140	10-1/4	260	09-0077-0000
8**	200	415	188	15	381	29-1/2	749	29-1/2	749	5-7/8	149	11-1/8	283	09-0064-0000
10**	250	750	340	17-1/2	445	34-3/8	873	34-3/8	873	7	178	13	330	09-0106-0000
12**	300	1150	522	20-1/2	521	39-5/8	1006	39-5/8	1006	7-5/8	194	14-1/4	362	09-0066-0000
14	350	1600	726	23	584	38-1/2	978	38-1/2	978	7-3/4	197	16	406	09-0512-0000
18	450	2320	1050	28	911	47-1/2	1207	47-1/2	1207	10-1/8	251	18-3/4	476	09-0515-0000
20	500	3200	1452	30-1/2	775	56-3/4	1441	56-3/4	1441	10-5/8	270	19-1/8	486	09-0103-0000
22	550	4800	2177	30-1/2	775	52-1/2	1334	52-1/2	1334	10-5/8	270	20-1/8	511	09-0511-0000
24	600	5300	2404	36	914	96	2438	72-3/8	1838	12-3/4	324	22-3/4	578	09-0052-0000
26	650	6900	3130	38-1/4	972	103-3/4	2635	77	1956	14-3/4	375	25-1/4	641	09-0123-0000
30	750	10000	4536	43	1092	118-7/8	3019	87-7/8	2232	16-7/16	418	28-1/4	718	09-0888-0000
36	900	15500	2031	50	1270	138-3/4 3	524	102	2591	9-9/16	497	32-13/16	833	09-0079-0000

*Covers bolt pattern only. See Maximum Operating Pressures Chart.
**For use with 4" through 12" SHORTSTOPP® 500

SANDWICH® Valves

Class 400*

Size		Approx. Weight		W-Width		L-Open		L-Closed		H-Face to Face		F-Overall		
Inches	mm	Lbs.	Kg.	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Part Number
4	100	153	69	10	254	20-5/8	524	20-5/8	524	4-1/4	108	9-1/2	241	09-0120-0000
6	150	300	136	12-1/2	318	25	635	25	635	6	152	11-3/4	298	09-0075-0000
8	200	460	209	15	381	29-1/2	749	29-1/2	749	6-5/8	168	13-1/8	333	09-0076-0000
10	250	800	363	17-1/2	445	34-3/8	873	34-3/8	873	7-1/4	184	14-1/2	368	09-0114-0000
12	300	1200	544	20-1/2	521	39-5/8	1006	39-5/8	1006	8-1/8	206	16	406	09-0102-0000
14	350	1600	726	23	584	43-1/4	1099	–	–	7-13/16	198	15-7/8	403	09-0121-0000
16	400	1800	816	25-1/2	648	47-1/8	1197	–	–	8-3/4	222	17-1/4	438	09-0088-0000
18	450	2300	1043	28	711	52-3/8	1330	–	–	10-1/16	256	18-13/16	478	09-0101-0000
20	500	3200	1452	30-1/2	775	56-3/4	1441	56-3/4	1441	10-5/8	270	20-1/8	511	09-0100-0000
26	650	6900	3130	38-1/4	972	103-3/4	2635	77	1956	14-3/4	375	26-3/4	679	09-0085-0000
30	750	10000	4536	43	1092	118-7/8	3019	87-7/8	2232	16-7/16	418	29-7/8	759	09-0098-0000
32	800	11000	4990	45-1/4	1149	121-3/4	3092	93	2362	16-5/8	422	30-5/8	778	09-0151-0000
34	850	13500	6124	47-1/2	1207	133-7/8	3400	97-7/8	2486	18-3/8	467	32-5/8	829	09-0104-0000
36	900	15780	7158	50	1270	134-1/2	3416	99-1/2	2527	19-1/2	495	34	864	09-0087-0000
40	1000	17200	7802	54-1/2	1384	154-1/8	3915	112-7/8	2867	21	533	37	940	09-0110-0000

*Covers bolt pattern only. See Maximum Operating Pressures Chart.

Class 600*

Size		Approx. Weight		W-Width		L-Open		L-Closed		H-Face to Face		F-Overall		
Inches	mm	Lbs.	Kg.	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Inches	mm	Part Number
4	100	177	80	10-3/4	273	21-3/8	543	21-3/8	543	5	127	10-3/4	273	09-0096-0000
6	150	450	204	14	356	26-1/8	664	26-1/8	664	6-1/2	165	13-1/2	343	09-0061-0000
8	200	575	261	16-1/2	419	31-3/8	797	31-3/8	797	7-1/8	181	14-7/8	378	09-0060-0000
10	250	950	431	20	508	37-1/4	946	37-1/4	946	8	203	16-1/2	419	09-0067-0000
12	300	1500	680	22	559	41	1041	41	1041	9-15/16	252	18-1/2	470	09-0058-0000
14	350	1900	862	23-3/4	603	43-7/8	1114	43-7/8	1114	10-5/8	270	19-5/8	498	09-0059-0000
16	400	3000	1361	27	686	48-5/8	1235	48-5/8	1235	11-3/4	298	21-3/4	552	09-0054-0000
18	450	3750	1700	29-1/4	743	54	1372	54	1372	13-5/16	338	24	610	09-0063-0000
20	500	4700	2132	32	813	57-5/8	1464	57-5/8	1464	13-3/4	349	24-7/8	632	09-0029-0000
22	550	6200	2812	34-1/4	870	62-1/8	1578	62-1/8	1578	13-3/4	349	25-7/8	651	09-0543-0000
24	600	6300	2858	37	940	102-1/8	2594	76-1/8	1934	13-7/8	352	26-5/8	676	09-0162-0000
26	650	8500	3856	40	1016	105	2667	78-1/4	1988	16-1/4	413	30	762	09-0134-0000
28	700	10000	4536	42-1/2	1080	112-1/4	2851	83-1/2	2121	17-1/2	445	31-3/4	806	09-0115-0000
30	750	11780	5343	44-1/2	1130	119-1/2	3035	88-5/8	2251	17-3/4	451	33	838	09-0887-0000
34	850	15500	7031	49	1245	134-3/8	3413	98-3/8	2499	19-7/8	505	35-3/8	898	09-0156-0000
36	900	23000	10433	51-3/4	1314	140-3/4	3575	104	2642	25-1/2	648	41-3/4	1060	09-0124-0000
40	1000	27250	–	57-1/8	1450	153	3886	114	2896	22-5/8	575	41-5/8	1057	09-0506-0000
42	1050	23700	10750	58-5/8	1492	155	3937	114	2896	22-1/2	572	41-1/2	1054	09-0159-0000
48	1200	32500	14742	64	1626	175-3/4	4464	127	3226	22-9/16	573	45	1143	09-0536-0000

*Covers bolt pattern only. See Maximum Operating Pressures Chart.

See website for changes without notice. * Dimensions are for reference unless certified. ® Registered trademark of T.D. Williamson, Inc. in the United States and foreign countries. ™ Trademark of T.D. Williamson, Inc. in the United States and foreign countries. © Copyright 2010. All rights reserved T.D. Williamson, Inc. * Printed in USA

SANDWICH® Valves

**Maximum Operating Pressures

Class	PN	4" through 20" (100 mm through 500 mm) Max. Operating Pressure psi	bar	22" through 36"*** (550 mm through 900 mm) Max. Operating Pressure psi	bar
150	20	275	20	275	20
300	50	720	50	720	50
400	64	960	64	720	50
600	100	1200	83	900	62

Class	PN	40" (1000 mm) psi	bar
400	64	600	41

***Note: 22" through 36" (550 mm through 900 mm) Class 600 (PN 100) SANDWICH® Valves ordered from and manufactured by TDW (UK) in England and TDW (U.A.) in Belgium have a standard maximum operating pressure of 1000 psi (70 bar).

IMPORTANT: Contact factory for bolt circle dimensions for sizes above 36".

Full Rated ASME Class 600 SANDWICH® Valves

Nom. Size Inches	mm	Approx. Weight Lbs.	Kg.	W-Width Inches	mm	L-Open Inches	mm	L-Closed Inches	mm	H-Face to Face Inches	mm	F-Overall Inches	mm	Part Number
8	200	630	286	16.5	420	34.62	880	34.62	880	9.19	234	17.25	438	09-0702-0000
10	250	1400	635	20.0	508	39.88	1013	39.88	1013	10.44	266	19.25	489	09-0703-0000
12	300	1900	862	22.0	559	44.00	1118	44.00	1118	11.31	288	20.50	521	09-0704-0000
14	350	2400	1089	23.75	604	45.75	1162	45.75	1162	11.94	304	21.75	553	09-0705-0000
16	400	3500	1588	27.00	686	49.88	1267	49.88	1267	13.06	332	23.40	595	09-0706-0000
18	450	4100	1860	29.25	743	54.13	1375	54.13	1375	13.88	353	25.00	635	09-0707-0000
20	500	5090	2309	32.00	813	58.88	1496	58.88	1496	14.94	379	26.50	673	09-0708-0000
22	550	6250	2835	34.25	870	63.75	1620	63.75	1620	16.09	409	28.00	712	09-0709-0000
24	600	8300	3765	37.00	940	107.13	2721	82.00	2721	17.38	442	30.50	775	09-0710-0000
30	750	14000	6351	44.50	1131	128.50	3264	97.38	3264	20.94	532	36.00	915	09-0713-0000
34	850	18500	8392	49.00	1245	141.00	3582	105.88	3582	23.19	587	39.00	991	09-0715-0000
36	900	20000	9072	51.75	1315	147.75	3753	110.62	3753	24.44	621	41.00	1042	09-0716-0000

The above SANDWICH® Tapping Valves are fully rated to 1480 psi @ 100°F and are compatible with NACE MR0 1-75 applications. They also feature a raised-face flange design. Consult factory for other sizes.

Anexo 03: Medidor de Espesores de Materiales

OLYMPUS

Your Vision, Our Future

MEDIDORES DE ESPESOR DE CORROSIÓN

Serie MG2

Serie Panametrics MG2

La serie Panametrics® MG2 son medidores de espesor por ultrasonidos de bajo costo que están diseñados, sobre todo, para los inspectores e ingenieros de mantenimiento que son responsables de medir el espesor residual de tuberías, tanques y otras estructuras metálicas corroídas en su interior. Livianos y ergonómicos para ser operados fácilmente con una sola mano, estos medidores proporcionan soluciones rentables a numerosas aplicaciones que exigen una inspección rápida de materiales cuya pared metálica pudiese haber sufrido una reducción de espesor.

Olympus es una compañía reconocida a nivel mundial como un fabricante de equipos innovadores y de tecnología de punta para ensayos por ultrasonidos. Además, estamos convencidos que nuestros clientes merecen medidores de espesor que realmente combinen calidad, precisión y facilidad de uso; todo ello a precios asequibles. Hemos logrado este objetivo con nuestros tres modelos robustos: Panametrics® MG2, Panametrics® MG2-XT y Panametrics® MG2-DL. Cada uno de ellos ofrece una amplia gama de prácticas herramientas que solucionan una gran variedad de problemas de medición de espesor.

CARACTERÍSTICAS

- Medidas tomadas desde un solo lado de la pieza: los medidores de espesor por ultrasonidos toman medidas digitales instantáneas; para ello, emiten ondas ultrasonoras desde un solo lado del material, lo cual evita cortar la parte corroída.
- Liviano y de formato bolsillo: estos medidores portátiles son lo suficientemente pequeños como para caber en una caja de herramientas o en un bolsillo. Son ideales para tomar medidas en lugares de difícil acceso.
- Teclado de fácil uso y codificado por colores: para ahorrar tiempo de operación, es posible acceder directamente a numerosas e importantes herramientas de medición. Las teclas están agrupadas estratégicamente por colores para facilitar la operación.
- Pantalla LCD grande con iluminación a contraluz: el gran tamaño de las cifras facilita la lectura de las medidas de espesor. Además, la iluminación electroluminiscente a contraluz permite ver claramente tanto en la oscuridad como a plena luz del día.
- Los modelos MG2-XT y MG2-DL están equipados con la tecnología Olympus® THRU-COAT®, la imagen B-scan y el A-scan en tiempo real con ajuste de la forma de onda (opcional).

Elija uno de los tres modelos

PANAMETRICS MG2

El detector Panametrics® MG2 ofrece numerosas herramientas de base, como la medición y el almacenamiento de los espesores mínimos a una velocidad rápida de 20 lecturas por segundo; el congelamiento de los datos de los espesores críticos; y la compensación del cero que asegura el óptimo rendimiento del palpador. Otras tantas herramientas hacen de este medidor portátil un equipo asequible para realizar mediciones puntuales rápida.

PANAMETRICS MG2-XT

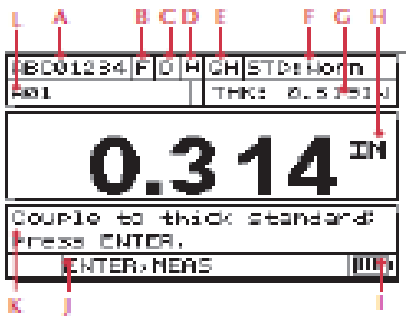
El Panametrics® MG2-XT está equipado con las mismas herramientas que el MG2 y muchas otras más que aumentan su alcance de medición en aplicaciones difíciles: la imagen B scan, el ajuste de la ganancia, la optimización automática de la sensibilidad, la medición eco a eco, la medición Olympus® THRU-COAT®, el modo diferencial, la alarma de límite de tolerancia superior e inferior, y el A scan en tiempo real (opcional). Este medidor es ideal cuando es necesario medir el espesor en superficies recubiertas o pintadas.

PANAMETRICS MG2-DL

El Panametrics® MG2-DL es el modelo más avanzado de la serie de medidores MG2. No solamente integra todas las herramientas del modelo MG2-XT, pero, además, está equipado con un registrador polivalente de datos alfanuméricos estructurado en archivos que emplea formatos de matriz incremental, secuencial, bidimensional y de inspecciones de calderas; y con el programa informático GageView™ Pro (opcional) que permite transferir los datos en forma bidireccional entre la computadora y el medidor.

CUADRO COMPARATIVO	MG2-DL	MG2-XT	MG2
Espesor entre 0,5 mm y 635,0 mm	√	√	√
Resolución de la lectura del espesor en la pantalla de hasta 0,01 mm	√	√	√
Reconocimiento automático del palpador	√	√	√
Funcionamiento en temperaturas elevadas	√	√	√
Velocidad rápida de 20 mediciones por segundo	√	√	√
Marcadores del valor mínimo y máximo	√	√	√
Modo de congelamiento	√	√	√
Modo de compensación del cero	√	√	√
Modo Mantener/Suprimir	√	√	√
Sistema métrico internacional o unidades inglesas	√	√	√
Representación y ajuste del A-scan en tiempo real (opcional)	√	√	—
Ajuste de la ganancia	√	√	—
Imágenes B-scan	√	√	—
Optimización automática de la ganancia de la sensibilidad	√	√	—
Modo diferencial	√	√	—
Alarmas de límite de tolerancia superior e inferior	√	√	—
THRU-COAT®	√	√	—
Mediciones eco a eco	√	√	—
Registrador de datos integrado	√	—	—
Matriz bidimensional	√	—	—
GridView	√	—	—
Programa informático GageView™ Pro (opcional)	√	—	—
Estuche de transporte de plástico	√	√	

PANTALLA



A. Nombre del archivo[2]
B. Modo de congelamiento
C. Modo diferencial[1]
D. Alarma de límite superior e inferior[1]
E. Ajuste de la ganancia[1]
F. Velocidad de inspección
G. Espesor precedente[2]
H. Unidad de medida
I. Nivel de la batería
J. Funciones disponibles
K. Ayuda al usuario
L. Número de ID

[1] Herramientas incluidas en los modelos MG2-XT y MG2-DL.
[2] Herramientas incluidas en el modelo MG2-DL.

Prácticas herramientas de medición (MG2-XT y MG2-DL solamente)

THRU-COAT

Esta tecnología patentada permite obtener y ver simultáneamente el espesor del recubrimiento y el espesor real del metal, usando un solo eco de fondo. Cada medición es ajustada según la correspondiente calibración de la velocidad de la onda ultrasonora en el material. Los palpadores D7906-SM y D7908 utilizan la tecnología Olympus® THRU-COAT®.

Espesor THRU-COAT — Espesor del metal

REPRESENTACIÓN Y AJUSTE DEL A-SCAN EN TIEMPO REAL

Es posible visualizar el A-scan, verificar la medida, ajustar manualmente la ganancia y suprimir los ajustes para maximizar el alcance de medición en aplicaciones exigentes. Esta herramienta es útil, asimismo, para ajustar el alcance de la supresión y la duración y el retardo del eco.

AJUSTE DE LA GANANCIA

Esta herramienta es eficaz durante las mediciones de materiales que atenúan el sonido, como los metales fundidos.

- Preajuste de la ganancia alta, baja o estándar.
- Ajuste manual de la ganancia en incrementos de 1 dB (modo A-scan en tiempo real solamente).

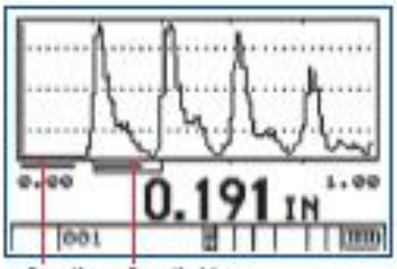
SUPRESIÓN EXTENDIDA

Permite suprimir los ecos parásitos producidos por el «ruido» en la superficie del material, sean éstas ásperas o irregulares (modo A-scan en tiempo real solamente).

MEDICIONES ECO A ECO

El medidor, usando varios ecos de fondo, indica el espesor real del metal sin tener en cuenta el de la capa del recubrimiento:

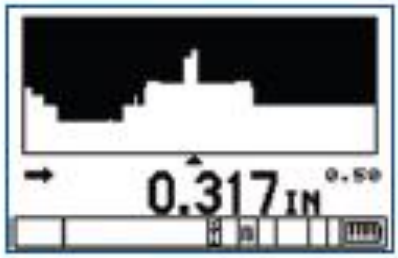
- Eco a eco automático.
- Eco a eco manual (modo A-scan en tiempo real solamente):
  - ajuste de la ganancia;
  - supresión extendida; y
  - supresión del eco.



Supresión extendida — Supresión del eco

IMÁGENES B-SCAN DEL MAPEO DE LA CORROSIÓN

Los modelos MG2-XT y MG2-DL tienen la capacidad de crear imágenes B-scan que convierten las lecturas de espesor en tiempo real en imágenes de corte transversal. Esta herramienta estándar es muy útil cuando se desea conocer la variación del espesor dentro de una distancia determinada. Cuando el B-scan está activado, el medidor comienza a dibujar la imagen de corte transversal del espesor tan pronto como el palpador entra en contacto con el material. Asimismo, es posible visualizar el espesor mínimo de la superficie explorada. El registrador de datos del MG2-DL puede almacenar hasta 1300 imágenes B-scan.



SUPERFICIES A ELEVADAS TEMPERATURAS

Los modelos Panametrics® MG2-XT y Panametrics® MG2-DL, junto con los palpadores de la serie D790 (D790, D790-SM, D790-RL y D790-SL), permiten realizar mediciones estables en materiales de superficie caliente de hasta 500 °C. La herramienta de compensación del cero de la serie MG2 permite una mayor precisión de la lectura en superficies calientes, ya que compensa las variaciones de temperatura en los palpadores de línea de retardo causadas por la deriva térmica.

Palpador D790

Recopilación de datos para una documentación rápida y fidedigna

REGISTRADOR DE DATOS INTEGRADO

El poderoso registrador de datos integrado del Panametrics® MG2-DL permite almacenar, consultar y transmitir 31 000 lecturas de espesor y sus códigos de identificación. Además, gracias al A-scan en tiempo real (opcional), también pueden almacenar 1300 formas de onda con sus lecturas de espesor. Asimismo, toda esta información puede ser transferida a una computadora para realizar un análisis estadístico.

CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN ALFANUMÉRICOS

Es posible atribuir un nombre de archivo de ocho caracteres y hasta diez códigos alfanuméricos a cada medida de espesor almacenada. Además, todas las lecturas de espesor quedan completamente documentadas con la información sobre los parámetros (velocidad de propagación de la onda ultrasonora en el material, datos del palpador y modo de medición).

CALCULADORA INTEGRADA DE DATOS ESTADÍSTICOS

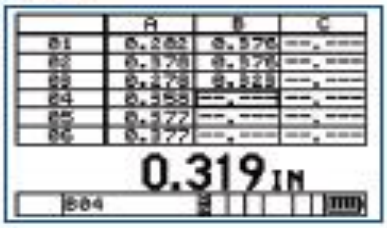
El registrador de datos integrado del MG2-DL cuenta con una calculadora de datos estadísticos para generar informes que pueden ser enviados directamente a una impresora.

Informe estadístico de los valores mínimos y máximos.

Informe estadístico de las alarmas altas y bajas, y la desviación intermedia, mediana y estándar.

GRIDVIEW

La herramienta GridView (MG2-DL solamente) permite consultar los datos de espesor almacenados en formato de una matriz o de una matriz extendida. Así, es posible recorrer y consultar fácilmente los datos de espesor —almacenados bajo la forma de una matriz de filas y columnas— gracias a la visualización simultánea de los valores en la matriz y de la lectura de espesor en curso.



Cada informe impreso contiene información sobre las medidas, los códigos de identificación y otros parámetros.

Los colores de la matriz facilitan la identificación de las condiciones de espesor más allá de los límites de tolerancia.

GAGEVIEW PRO

El programa informático GageView™ Pro (opcional) para Microsoft® Windows® recopila, crea, imprime y administra los datos generados por el medidor MG2-DL.

- Creación de informes de datos y de inspección.
- Descarga y carga de los informes de espesor.
- Modificación de los datos almacenados.
- Informes de datos y de inspección que incluyen las lecturas de espesor y los parámetros de configuración del medidor y del palpador.
- Exportación de los informes hacia hojas de cálculo y otros programas.
- Recopilación de las capturas de pantalla.
- Impresión de informes estadísticos, de espesor, tablas de configuración y matriz en colores.
- Actualización del software operativo
- Compatibilidad con la función arrastrar y soltar de Microsoft Excel®.

Palpadores con reconocimiento automático

Todos los medidores de la serie MG2 son compatibles con nuestra línea completa de palpadores duales intercambiables fácilmente. Estos palpadores tienen una banda de frecuencia variada, puntas de diversos diámetros y resisten muchas temperaturas: características que les permiten ser utilizados en prácticamente todas las aplicaciones.

Palpador	Frecuencia	Diámetro de la punta	Cable	Posición del conector	Espesor (acero)*	Temperatura**	Manipulador	Soporte (manipulador)
D790	5,0 MHz	11,0 mm	Encapsulado	Recto	1,00 mm a 508,00 mm	-20 °C a +500 °C	FT52	FT52A
D790-SM			LCMD-316-5B‡	Recto			FT52	FT52A
D790-RL			LCLD-316-5C‡	Acodado			—	—
D790-SL			LCLD-316-5H‡	Recto			FT52	FT52A
D791	5,0 MHz	11,0 mm	Encapsulado	Acodado	1,00 mm a 508,00 mm	-20 °C a +500 °C	FT53	—
D791-RM	5,0 MHz	11,0 mm	LCMD-316-5C	Acodado	1,00 mm a 508,00 mm	-20 °C a +400 °C	—	—
D792	10,0 MHz	7,2 mm	Encapsulado	Recto	0,50 mm a 25,00 mm	0 °C a 50 °C	FT50	FT50A
D793				Acodado			FT51	—
D794	5,0 MHz	7,2 mm	Encapsulado	Recto	0,75 mm a 50,00 mm	0 °C a 50 °C	FT50	FT50A
D795				Acodado			FT51	—
D797	2,0 MHz	22,9 mm	Encapsulado	Acodado	3,80 mm a 635,00 mm	-20 °C a +400 °C	—	—
D797-SM			LCMD-316-5D	Recto				
D7226	7,5 MHz	8,9 mm	Encapsulado	Acodado	0,71 mm a 100,00 mm	-20 °C a +150 °C	—	—
D798-LF								
D798	7,5 MHz	7,2 mm	Encapsulado	Acodado	0,71 mm a 100,00 mm	-20 °C a +150 °C	—	—
D798-SM			LCMD-316-5J	Recto				
D799	5,0 MHz	11,0 mm	Encapsulado	Acodado	1,00 mm a 508,00 mm	-20 °C a +150 °C	—	—
D7906-SM‡‡	5,0 MHz	11,0 mm	LCMD-316-5L	Recto	1,00 mm a 50,00 mm	0 °C a 50 °C	—	—
D7908‡‡	7,5 MHz	7,2 mm	Encapsulado	Acodado	1,00 mm a 37,00 mm	0 °C a 50 °C	—	—
MTD705	5,0 MHz	5,1 mm	LCLPD-7B-5	Acodado	1,00 mm a 19,00 mm	0 °C a 50 °C	—	—

* Según el material, el tipo de palpador, la condición de la superficie y la temperatura.
** Temperatura máxima alcanzada con conexión intermitente solamente.
‡ Cable de acero inoxidable disponible. Envíenos su consulta para mayores detalles.
‡‡ Palpadores compatibles con la tecnología Olympus® TI-RUS-CDAU®.

Especificaciones de la serie MG2

MEDICIONES

Modo de medición: Pulso-eco con palpadores duales.

Medición del espesor:
0,50 mm to 635,00 mm.
El alcance de la medición varía según el material, el palpador, la condición de la superficie y la temperatura.

Calibración de la velocidad de propagación de la onda ultrasonora en el material:
0,508 mm a 18,699 mm/µs.

Representación de las medidas:

- Lectura digital del espesor.
- B-scan de corte transversal.
- A-scan en tiempo real (opcional).
- Matriz en dB (Panametrics MG2-DL).

Resolución de la lectura del espesor en la pantalla:
BAJA: 0,1 mm
ESTÁNDAR: 0,01 mm

Velocidad de inspección:
Normal: 4 mediciones por segundo.
Rápida: 20 mediciones por segundo.

Marcadores de valor mínimo y máximo: Mide y almacena el espesor mínimo o máximo a una velocidad de 20 medidas por segundo.

Congelación de la pantalla: Congela la pantalla para capturar instantáneamente el espesor crítico. Minimiza los errores por pérdida de contacto entre el palpador y el acoplador, y facilita las mediciones a temperaturas elevadas.

Reconocimiento automático del palpador: Los palpadores Panametrics® son detectados automáticamente. Ajusta los parámetros internos y corrige los errores del recorrido en V.

Compensación del cero: Compensa la temperatura del palpador y el desplazamiento del cero.

PANTALLA

Modo Mantener/Suprimir: La imagen se mantiene o se borra después de la medición.

Pantalla EL con iluminación a contraluz: Activación manual o automática.

Ancho de banda del receptor:
1 MHz a 18 MHz (-3 dB).

Unidad de medida: Milímetros o pulgadas.

Idiomas de la interfaz: Español, inglés, francés, alemán, italiano y otros idiomas.

FUENTE DE ENERGÍA

Batería: Tres baterías alcalinas AA.

Tiempo de funcionamiento: Duración media de 150 horas ó 30 horas de funcionamiento ininterrumpido con la iluminación a contraluz.

Indicador del nivel de carga de las baterías: Indicación continua del nivel de carga de las baterías.

Ahorrador de energía: Apagado automático o funcionamiento continuo.

INFORMACIÓN GENERAL

Conformidad a la norma IP65: Diseño a prueba de goteo y resistente a impactos. Teclado sellado, codificado por colores y con señales táctiles y sonoras.

Operación en áreas peligrosas: Conforme a la norma MIL-STD-810E, método 511.3, procedimiento 1.

Temperatura de funcionamiento:
-10 °C a +50 °C.

Dimensiones:
84,0 mm (ancho) x 152,4 mm (alto) x 39,6 mm (profundidad).

Peso: 340 g.

ESPECIFICACIONES ADICIONALES DE LOS MODELOS MG2-XT Y MG2-DL

Mediciones Olympus® THRU-COAT®: Medición del espesor real del metal y del recubrimiento, utilizando un solo eco de fondo (con los palpadores D7906-SM y D7908).

Medición eco a eco a través de la pintura: El medidor, usando varios ecos de fondo, indica el espesor real del metal sin tener en cuenta el de la capa de recubrimiento.

- Eco a eco automático.
- Eco a eco manual (modo A-scan en tiempo real solamente):
  - ajuste de la ganancia;
  - supresión extendida; y
  - supresión del eco.

Ajuste de la ganancia:

- Preajuste de la ganancia alta, baja o estándar.
- Ajuste manual de la ganancia en incrementos de 1 dB (modo A-scan en tiempo real solamente).

Supresión extendida: Suprime los ecos parásitos causados por el «ruido» de la superficie del material, sean éstas ásperas o irregulares (modo A-scan en tiempo real solamente).

Optimización automática de la ganancia de la sensibilidad: Aumenta o reduce automáticamente la sensibilidad normal en función del espesor y del nivel de ruido del material.

Alarma: Puntos de ajuste altos y bajos programables con indicadores sonoros y visuales.

Modo diferencial: Indica la diferencia entre la medida real del espesor y el valor de referencia personalizado.

Representación y ajuste del A-scan en tiempo real: Muestra los A-scan directamente en la pantalla del medidor. Además, permite el ajuste manual de la ganancia, la supresión extendida y la duración y del retardo de la supresión del eco.

REGISTRADOR DE DATOS INTEGRADO DEL MG2-DL

Registrador de datos: El Panametrics® MG2-DL identifica, almacena, consulta, borra y transfiere las lecturas de espesor y la información sobre la configuración del medidor a través del puerto USB.

Cantidad máxima de valores en la memoria: Más de 31 000 lecturas de espesor o de 1300 formas de onda con las lecturas de espesor (con la herramienta opcional del A-scan en tiempo real).

Documentación en la memoria: Cada lectura de espesor almacenada queda totalmente documentada con marcadores de estado de la medición y con códigos de identificación de los distintos parámetros (velocidad de propagación de la onda ultrasonora en el material, palpador, etc.).

Nombre de los archivos: Nombres de hasta ocho caracteres alfanuméricos.

Códigos de identificación: Un sistema de códigos de identificación alfanuméricos de 10 caracteres identifica y ubica los datos en la memoria.

Plantillas de archivo: Incremental, secuencial, matriz bidimensional, inspección de calderas y manuales (desde una computadora).

ACCESORIOS ESTÁNDARES

El MG2, medidor de espesor por ultrasonidos digital, incluye: correa de muñeca, bloque de ensayo, acoplador, manual del usuario, estuche de transporte de plástico (MG2-XT y MG2-DL) y garantía limitada de dos años. Los paquetes estándares incluyen un palpador dual.

ACCESORIOS OPCIONALES

2214E: Bloque de ensayo de 5 niveles, en unidades inglesas.

2214M: Bloque de ensayo de 5 niveles, en unidades métricas.

MG/EW: Garantía prolongada.

MG2/RPC: Base protectora de caucho.

GageView: Programa informático para el Panametrics MG2-DL.

MG2/XTRETRO: Optimización del Panametrics MG2 al Panametrics MG2-XT.

MG2XT/DLRETRO: Optimización del Panametrics MG2-XT al Panametrics MG2-DL.

MG2/DLRETRO: Optimización del Panametrics MG2 al Panametrics MG2-DL.

MG2/WF: Representación y ajuste del A-scan en tiempo real para el Panametrics MG2-XT y el Panametrics MG2-DL solamente (no disponible para el Panametrics MG2).

USB/ADP-115 AC-115: Fuente de alimentación de 115 V CA.

USB/ADP-230 AC-230: Fuente de alimentación de 230 V CA.

Para otros accesorios adicionales tales como soportes, manipuladores y acopladores, sírvase contactarnos.

OLYMPUS NDT INC. cuenta con la certificación ISO 9001

OLYMPUS

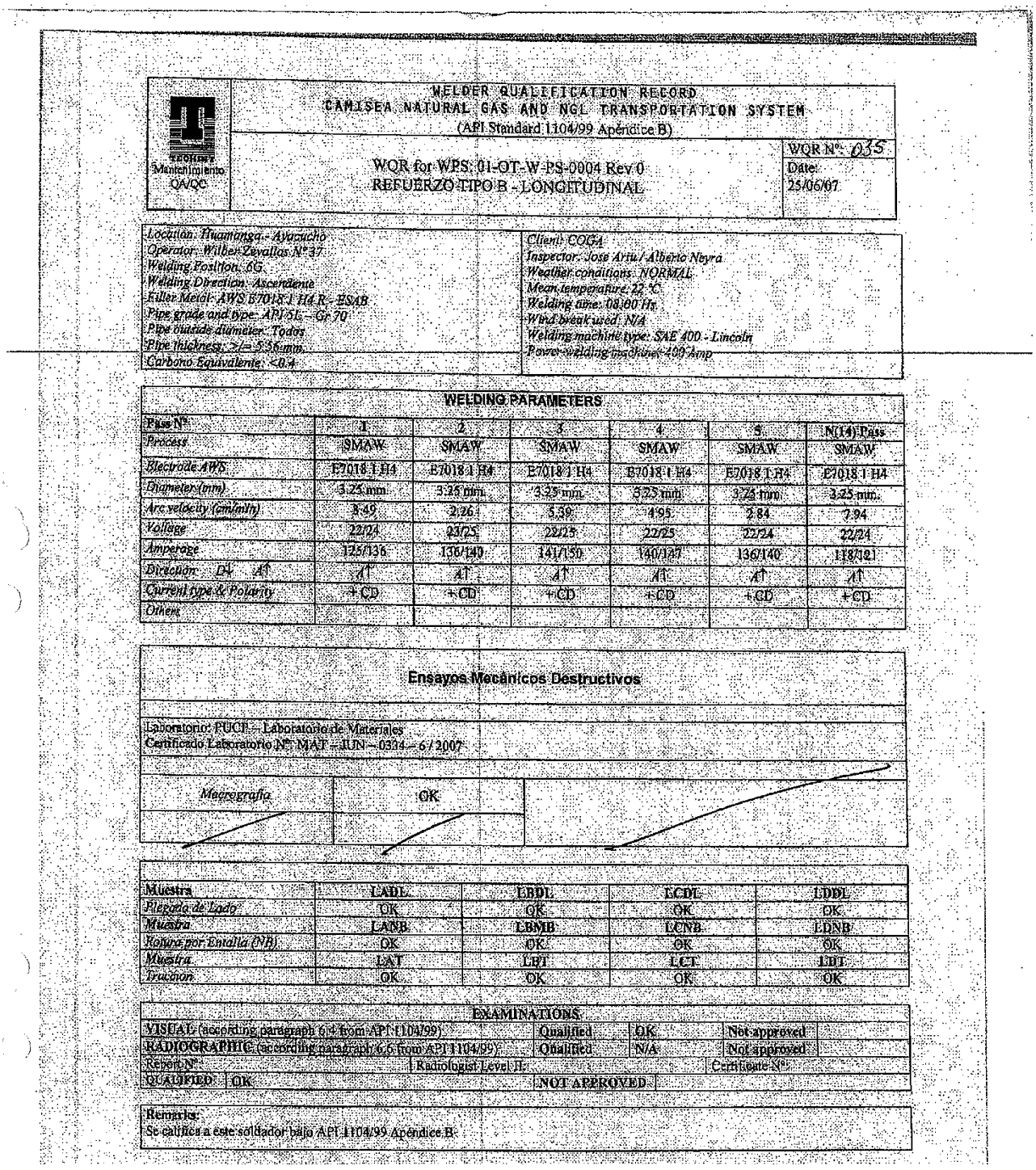
www.olympus-ims.com

info.industria@olympus.es
NDTmexico@olympus.com

OLYMPUS NDT INC.
OLYMPUS INDUSTRIAL SYSTEMS EUROPA
OLYMPUS ESPAÑA, S.A.U.
OLYMPUS AMÉRICA DE MÉXICO S.A. DE C.V.

MG2_SS_Ad_200903 • Impreso en Canadá • Derechos de autor © 2009 Olympus NDT.

Anexo 04: Calificación de Soldador



	WELDER QUALIFICATION RECORD CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM (API Standard 1104/99 Apéndice B)	
Mantenimiento QA/QC	WQR for WPS: 01-OT-W-PS-0004 Rev.0 REFUERZO TIPO B - LONGITUDINAL	WQR N°: 035 Date: 25/06/07

Location: Huamanga - Ayacucho *Operator: Wilber Zevallos N°37* *Welding Position: 6G* *Welding Direction: Ascendente* *Filler Metal: AWS E7018-1 H4 R - ESAB* *Pipe grade and type: API 5L - Gr 70* *Pipe outside diameter: Todos* *Pipe thickness: >/= 5.56 mm* *Carbono Equivalente: <0.4*	*Client: COGA* *Inspector: Jose Ariu / Alberto Neyra* *Weather conditions: NORMAL* *Mean temperature: 22 °C* *Welding time: 08:00 Hs* *Wind break used: N/A* *Welding machine type: SAE 400 - Lincoln* *Power welding machine: 400 Amp*

WELDING PARAMETERS

Pass N°	1	2	3	4	5	N(14) Pass
Process	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
Electrode AWS	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4
Diameter (mm)	3.25 mm	3.25 mm	3.25 mm	3.25 mm	3.25 mm	3.25 mm
Arc velocity (cm/min)	8.49	2.26	5.39	4.95	2.84	7.94
Voltage	22/24	23/25	22/25	22/25	22/24	22/24
Amperage	125/136	136/140	141/150	140/147	136/140	118/121
Direction: DN AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT
Current type & Polarity	+ CD	+ CD	+ CD	+ CD	+ CD	+ CD
Others						

Ensayos Mecánicos Destructivos

Laboratorio: PUCP – Laboratorio de Materiales
Certificado Laboratorio N°: MAT – LIN – 0334 – 6 / 2007

Macrografía	OK

Muestra	LADL	LBDL	LCDL	LDDL
Plegado de Lado	OK	OK	OK	OK
Muestra	LANB	LBNB	LCNB	LDNB
Rotura por Entalla (NB)	OK	OK	OK	OK
Muestra	LAT	LBT	LCT	LDT
Traccion	OK	OK	OK	OK

EXAMINATIONS

VISUAL (according paragraph 6.4 from API 1104/99)	Qualified	OK	Not approved	
RADIOGRAPHIC (according paragraph 6.6 from API 1104/99)	Qualified	N/A	Not approved	
Report N°:	Radiologist Level II:		Certificate N°:	
QUALIFIED: OK		NOT APPROVED		

Remarks:
Se califica a este soldador bajo API 1104/99 Apéndice B

TECHINT Mantenimiento QA/QC	WELDER QUALIFICATION RECORD CANISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM (API Standard 1104/99 Apéndice B)	
	WQR for WPS: 01-OT-W-PS-0004 Rev.0 REFUERZO TIPO B - CIRCUFERENCIAL	WQR N°: 036 Date: 25/06/07

Location: Hyamanga – Ayacucho Operator: Wilber Zavallos N° 27 Welding Position: 6G Welding Direction: Ascendente Filler Metal: AWS E7018-1 H4 R - ESAB Pipe grade and type: API 5L – Gr 70 Pipe outside diameter: Todos Pipe thickness: +/- 5.50 mm. Carbono Equivalente: <0.4	Client: COGA Inspector: Jose Artu / Alberto Neyra Weather conditions: NORMAL Mean temperature: 22 °C Welding time: 08:00 Hs Wind break used: N/A Welding machine type: SAE 400 – Lincoln Power welding machine: 400 Amp

WELDING PARAMETERS

Pass N°	1	2	3	4	5	N(-1) Pass
Process	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
Electrode AWS	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4
Diameter (mm)	3.25 mm.	3.25 mm.	3.25 mm.	3.25 mm.	3.25 mm.	3.25 mm.
Arc velocity (cm/min)	16.68	17.29	16.80	20.13	22.99	17.57
Voltage	23/24	22/24	23/23	23/24	22/24	22/24
Amperage	94/98	110/119	133/124	123/128	112/116	123/129
Direction D↓ 4↑	4↑	4↑	4↑	4↑	4↑	4↑
Current type & Polarity	+CD	+CD	+CD	+CD	+CD	+CD
Others						

Ensayos Mecánicos Destructivos

Laboratorio: PUCP – Laboratorio de Materiales
Certificado Laboratorio N°: MAT – JUN – 0533 – 6 / 2007

Macrografía	OK	

Muestra	CANB	CBNB	CCNB	CDNB
Rotura por Entalla (NB)	OK	OK	OK	OK

EXAMINATIONS

VISUAL (according paragraph 6.4 from API 1104/99)		Qualified	OK	Not approved
RADIOGRAPHIC (according paragraph 6.6 from API 1104/99)		Qualified	N/A	Not approved
Report N°:	Radiologist Level II:			Certificate N°:
QUALIFIED	OK	NOT APPROVED		

Remarks:
Se califica a este soldador bajo API 1104/99 Anexo B

	WELDER QUALIFICATION RECORD CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM (API Standard 1104/99)	
Ingeniería y Construcción	WQR for Welding Procedure Number: 2794-L-SP-00031	WQR N°: Date: 04/05/10

Location: San Clemente	*Client: COGA*
Operator: Pedro Medina Martinez N° 568	*Inspector:*
Welding Position: 6G	*Weather conditions: NORMAL*
Welding Direction: DH	*Mean temperature:20 °C*
Filler Metal: AWS E6010 – E8010G	*Welding time: 16:14 Hs.*
Pipe grade and type: API 5L – Gr 70	*Wind break used: N/A*
Pipe outside diameter: 14"	*Welding machine type: INVERTEC 600*
Pipe thickness: 0.219" / 5.56mm	*Power welding machine: 600 Amp*

WELDING PARAMETERS

Pass N°	1	2	3	4	5	6
Process	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW		
Electrode AWS	E 6010	E 8010G	E 8010G	E 8010G		
Diameter (mm)	3.25	3.25	3.25	3.25		
Arc velocity (cm/min)	24.28	31.23	35.45	23.19		
Voltage	23/26	25/27	23/25	21/24		
Amperage	123/129	126/134	120/126	123/131		
Direction D↓ A↑	DH	DH	DH	DH		
Current type & Polarity	DC (-)	DC (+)	DC (+)	DC (+)		
Others						

DESTRUCTIVES TESTS

Coupon Test N°	T3	T3A	T4	T4A
Original dimension				
Original area (mm²)				
Maximum load				
Yield strength				
Fracture location				

Test laboratory: Laboratory certificate N°: N/A	
Remarks about tensile-strength tests:	
T1: N/A	T3: N/A
T2: N/A	T4 : N/A
Remarks about bend tests :	
FACE/SIDE	*ROOT/SIDE*
N/A	N/A
N/A	N/A
Remarks about nick-break tests :	
N/A	N/A
N/A	N/A

EXAMINATIONS

VISUAL (according paragraph 6.4 from API 1104/99)	**Qualified**	**OK**	**Not approved**	
RADIOGRAPHIC (according paragraph 6.6 from API 1104/99)	**Qualified**	**OK**	**Not approved**	
Report N°: RT-CS-04-05-10	Radiologist Level II: Luis Neyra – Full Quality S.A.C.		Certificate N°:	
QUALIFIED **OK**		**NOT APPROVED**		

Remarks

TECHINT	**WELDER QUALIFICATION RECORD** (See QW-301, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)	Page 1 Job: E100-50413
	CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM	

Welder's name Pedro Medina	Clock number	Stamp no: 568
Welding process (es) used: SMAW	WQR	Type: Manual (Manual, semiautomatic, machine, automatic)
Identification of WPS followed by welders during welding of test coupon: WPS- I-048		
Base material (s) welded: API 5L X70 – API 5L X52		Thickness: 9,53 mm
Filler metal specification (SFA) Class (QW-404): 5.1		

Manual or Semiautomatic Variables for Each Process (QW-350)	Actual Values	Range Qualified
Backing (metal, weld metal, welded form both sides, flux, etc.) (QW-402)	Without Backing	With Backing
ASME P-No. ____ to ASME P-No. (QW-403)	P1 a P1	P1 a P11, P4X y no Asig.
(...) Plate (X); Pipe (enter diameter, if pipe) (QW-403)	14"	2-7/8 a ilimitado
Filler metal or electrode specifications (QW-404)	5.1	5.1
Filler metal or electrode classifications AWS (QW-404)	E 6010 - E 7018	Segun SFA
Filler metal (QW-404.15)	F3/F4	F3/F4
Consumable insert for GTAW or PAW (QW-404)	N/A	N/A
Weld deposit thickness for each welding process (QW-404)	6/14	6/14
Welding Position (1G, 5G, etc.) (QW-405)	6G	all
Progression (uphill/downhill) (QW-405)	Uphill	Uphill
Backing gas for GTAW, PAW, or GMAW; fuel gas for OFW (QW-408)	N/A	N/A
GMAW transfer mode (QW-409)	N/A	N/A
SMAW welding current type/polarity (QW-409)	CC (+)	CC (+)

Automatic/Machine Welding Variables for the Progress Used (QW-360)	Actual Values	Range Qualified
Direct/remote visual control		
Automatic voltage control (GTAW)		
Automatic joint tracking		
Welding position (1G, 5G, etc.)		
Consumable insert		
Backing (metal, weld metal, welded from both slides, flux, etc.)		
Multiple or single pass per side		
Change from automatic to machine		
Filler for EBW or LBW		
Laser type		
Drive type for FRW		
Vacuum type for EBW		

Guide Bend Test Results

Guided Bend Tests Type	(..) QW-462.2 (Side) Results	(..) QW-462.3(a) (Trans.R & F) Type	(..) QW-462.3(b) (Long.R & F) Results

Visual examination results (QW-302.4): OK				
Radiographic test results (QW-304 and QW-305): Inform Radiographic N° 030 – whit date 28/05/2010 (For alternative qualification of groove welds by radiography)				
Fillet Weld – Fracture test		Length and percent of defects		In.
Macro test fusion	Fillet leg size	in. x	in. Concavity/convexity	
Welding test conducted by				
Mechanical tests conducted by		Laboratory test no		
We certify that the statements in his record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.				

TECHINT	WELDER QUALIFICATION RECORD (See QW-301, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)	Page. 1 Job: E100-50113
CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM		

Welder's name Alexis Ronceros	Clock number:	Stamp no: 549
Welding process (es) used: SMAW	WQR: 068	Type: Manual
		(Manual, semiautomatic, machine, automatic)
Identification of WPS followed by welders during welding of test coupon :WPS 819		
Base material (s) welded: SA 106 Gr B		Thickness: 5,54 mm
Filler metal specification (SFA) Class (QW-404): 5.1		

Manual or Semiautomatic Variables for Each Process (QW-350)	Actual Values	Range Qualified
Backing (metal, weld metal, welded form both sides, flux, etc.) (QW-402	Without Backing	Without Backing
ASME P-No. to ASME P-NO. (QW-403)	P1	P1 a P11, y no Asig.
( ) Plate (X) Pipe (enter diameter, if pipe) (QW-403)	2"	> de 1 "
Filler metal or electrode specifications (QW-404)	5.1	5.1 / 5.5
Filler metal or electrode classifications AWS (QW-404)	E 6010 - E 7018	Según SFA
Filler metal (QW-404.15)	F4	F1, F2, F3, F4
Consumable insert for GTAW or PAW (QW-404)	N/A	N/A
Weld deposit thickness for each welding process (QW-404)	2/4,5	4/9
Welding Position (1G, 5G, etc.) (QW-405)	6G	All
Progression (uphill/downhill) (QW-405)	Uphill	Uphill
Backing gas for GTAW, PAW, or GMAW; fuel gas for OFW (QW-408)	N/A	N/A
GMAW transfer mode (QW-409)	N/A	N/A
SMAW welding current type/polarity (QW-409)	CC (+)	CC (+)

Automatic/Machine Welding Variables for the Progress Used (QW-360)	Actual Values	Range Qualified
Direct/remote visual control		
Automatic voltage control (GTAW)		
Automatic joint tracking		
Welding position (1G, 5G, etc.)		
Consumable insert		
Backing (metal, weld metal, welded from both slides, flux, etc.)		
Multiple or single pass per side		
Change from automatic to machine		
Filler for EBW or LBW		
Laser type		
Drive type for FRW		
Vacuum type for EBW		

Guide Bend Test Results

Guided Bend Tests Type	(..) QW-462.2 (Side) Results	(..) QW-462.3(a) (Trans.R & F) Type	(..) QW-462.3(b) (Long.R & F) Results

Visual examination results (QW-302.4): OK			
Radiographic test results (QW-304 and QW-305): Inform Radiographic N° 018 – whit date 05/03/2008 (For alternative qualification of groove welds by radiography)			
Fillet Weld – Fracture test		Length and percent of defects	In.
Macro test fusion	Fillet leg size	in. x .	in. Concavity/convexity
Welding test conducted by			
Mechanical tests conducted by		Laboratory test no	
We certify that the statements in his record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.			

TECHINT	WELDER QUALIFICATION RECORD (See QW-301, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)	Page: 1 Job: E100-50113
CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM		

Welder's name Julio Advincula	Clock number:	Stamp no: 548
Welding process (es) used: GTAW - SMAW	WQR: 99	Type: Semiautomatic (Manual, semiautomatic, machine, automa(e)
Identification of WPS followed by welders during welding of test coupon : WPS 838		
Base material (s) welded: SA 106 Gr. B - ASTM A 350 LF6		Thickness: 6,35 mm
Filler metal specification (SFA) Class (QW-404): 5.18 FCAW / 5.1 SMAW		

Manual or Semiautomatic Variables for Each Process (QW-350)	Actual Values	Range Qualified
Backing (metal, weld metal, welded form both sides, flux, etc.) (QW-402	Without Backing	With Backing
ASME P-No. to ASME P-NO. (QW-403)	P1 a No Asig.	P1 a no Asig.
( ) Plate (X) Pipe (enter diameter, if pipe) (QW-403)	2"	1 a unlimited
Filler metal or electrode specifications (QW-404)	5.18 /5.1	5.18 / 5.1
Filler metal or electrodo clasaifications AWS (QW-404)	E R70S-3 / E 7018	Según SFA
Filler metal (QW-404.15)	F6/ F4	ALL FN° F6/ALL FN° F4
Consumable insert for GTAW or PAW (QW-404)	N/A	N/A
Weld deposit thickness for each welding process (QW-404)	2/4	4/8
Welding Position (1G, 5G, etc.) (QW-405)	6G	all
Progression (uphill/downhill) (QW-405)	Uphill	Uphill
Backing gas for GTAW, PAW, or GMAW; fuel gas for OFW (QW-408)	N/A	N/A
GMAW transfer mode (QW-409)	N/A	N/A
SMAW welding current type/polarity (QW-409)	CC (-) / CC (+)	CC (-) / CC (+)

Automatic/Machine Welding Variables for the Progress Used (QW-360)	Actual Values	Range Qualified
Direct/remote visual control		
Automatic voltage control (GTAW)		
Automatic joint tracking		
Welding position (1G, 5G, etc.)		
Consumable insert		
Backing (metal, weld metal, welded from both sides, flux, etc.)		
Multiple or single pass per side		
Change from automatic to machine		
Filler for EBW or LBW		
Laser type		
Drive type for FRW		
Vacuum type for EBW		

Guide Bend Test Results

Guided Bend Tests Type	(..) QW-462.2 (Side) Results	(..) QW-462.3(a) (Trans.R & F) Type	(..) QW-462.5(b) (Long.R & F) Results

Visual examination results (QW-302.4): OK				
Radiographic test results (QW-304 and QW-305): Inform Radiographic N° 021B – whit date 20/10/2008 (For alternative qualification of groove welds by radiography)				
Fillet Weld – Fracture test		Length and percent of defects		In.
Macro test fusion	Fillet leg size	in. x	in. Concavity/convexity	
Welding test conducted by				
Mechanical tests conducted by		Laboratory test no		

We certify that the statements in his record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.

TECHINT Ingeniería y Construcción	**WELDER QUALIFICATION RECORD** **CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM** (API Standard 1104/2005 - Apéndice B)
	WQR for WPS: 01-OT-W-PS-0012 Rev 0 **DERIVACIÓN**
	WQR Nº: 125 **Date: 30/11/10**

Location: Obrador- Ayacucho	*Client: COGA*
Operator: Alexis Ronceros W- 549	*Inspector: Victor Pulido*
Welding Position: 6G	*Weather conditions: NORMAL*
Welding Direction: Ascendant	*Mean temperature: 18°C*
Filler Metal: AWS E7080 1 H4R - ESAB	*Welding time: 2:20 Hs.*
Pipe grade and type: API 5L – Gr. 70	*Wind break used: N/A*
Pipe outside diameter: All	*Welding machine type: Lincoln D600*
Pipe thickness: > /= 5.5mm.	*Power welding machine: 400 Amp.*
Carbon Equivalent: <0.4	

WELDING PARAMETERS

Pass Nº	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Process	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
[illegible]	E 7018 1 H4	E 7018 1 H4	E 7018 1 H4	E 7018 1 H4	E 7018 1 H4	E 7018 1 H4
Diameter (mm)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
[illegible]	5,06	14,56	15,07	14,50	15,34	16,00
[illegible]	23-24	22-23	22-24	23-2	22-23	22-24
[illegible]	97-120	104-118	102-120	104-119	104-117	103-118
Direction	*A*	*A*	*A*	*A*	*A*	*A*
[illegible]	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)	DC (+)
Others						

DESTRUCTIVES TESTS

[illegible]

[illegible]

[illegible]		[illegible]
OK	Bond Bisco OK	[illegible] OK

[illegible]	
T1: *N/A*	T3: *N/A*
T2: *N/A*	T4 : *N/A*

[illegible]				
Plegado de Cara	*PC1*	*PC2*	*PC3*	*PC4*
	N/A	*N/A*	*N/A*	*N/A*

[illegible]				
Rotura por entalla (NB)	*NB - A*	*NB - B*	*NB - C*	*NB -D*
	N/A	*N/A*	*N/A*	*N/A*
Muestra 1	N/A		Muestra 1	N/A

EXAMINATION

VISUAL (according paragraph 6.4 from API 1104/2005 Apendice B)	Qualified	OK	Not approved	----------
RADIOGRAPHIC (according paragraph 6.6 from API 1104/2005)	Qualified	N/A	Not approved	----------

Report Nº: MAT-NOV-0989-1/2010 Pag. 13-14. MAT-NOV-0989-2/2010 Pag. 19-21.	Radiologist Level II: ----------	Certificate Nº:

QUALIFIED	**OK**	**NOT APPROVED**	----------

Remarks:
Se califica a este soldador bajo API 1104/05 Apéndice B

Anexo 05: Especificación de Procedimiento de Soldadura

TECHINT	TECHINT S.A COMPAÑIA TECNICA INTERNACIONAL *SOCIEDAD ANONIMA COMERCIAL E INDUSTRIAL*	Welding Engineering
		Page 1 of 2
	CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM	WPS No. 819

WELDING PROCEDURE SPECIFICACTION

ASME IX *QW-482*

FABRICATION APPLICABLE CODE	ANSI B31.1	ANSI B31.3	ANSI B31.4	ASME VIII	API 620/650

WPS No. 819	Revisión	Supporting PQR No.	Emission date: 17/12/2002
	1	819	Revision date: 21/02/2003

Welding Process(es) :				Type(s) :		
☐ GTAW	■ SMAW	☐ GMAW	☐ FCAW	■ MANUAL	☐ SEMI-AUTOMATIC	☐ MACHINE

JOINTS (QW-402)

Joint Design: **BUTT WELD - Single "V" groove**

Backing: ☐Yes ■No

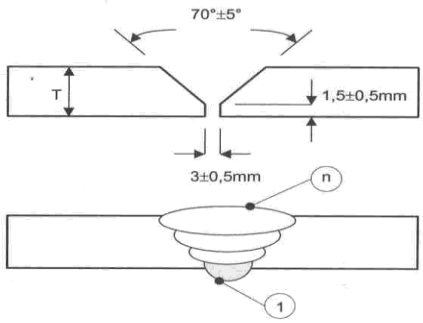
Backing Material (Type): **N/A**

☐ *Metal* ☐ *Nonfusing Metal*

☐ *Nonmetallic* ☐ *Other*

Bevel Preparation Method:

BY OXI-CUTTING AND GRINDING



BASE METALS (QW-403)

P-No. 1 *Gr.No.* 1 **to** *P-No.* 1 *Gr.No.* 1

or

Specification (Type and Grade): **SA-106 gr.B**

to *Specification (Type and Grade):* **SA-106 gr.B**

or

Chemical Analysis and Mechanical Properties:

to *Chemical Analysis and Mechanical Properties:*

THICKNESS RANGE -Groove: **4.76 to 22 mm**

Fillet: **ALL**

PIPE DIAMETER RANGE: **ALL**

Other:

FILLER METALS (QW-404)

PROCESS:	SMAW	
Specification - SFA No.	5.1	5.1
Classification - AWS No.	E6010	E7018
F-No.	3	4
A-No.	1	1
Size of Filler Metals--∅ (mm)	2.5	3.25
DEPOSITED WELD METAL (mm)	-	-
Thickness Range -Groove: (mm)	max. 4	max. 18
Fillet:	ALL	ALL
Electrode-Fux (Classification).	N/A	N/A
Flux (Trade name).	N/A	N/A
Consumable Insert.	N/A	N/A
Product Form.	N/A	N/A
OTHER		

REV	DESCRIPTION	DATE	PREPARED	APP'D
1	Added Supporting PQR	21/02/03	HT	
0	Original	17/12/02	HT	

TECHINT	**TECHINT S.A** COMPAÑIA TECNICA INTERNACIONAL *SOCIEDAD ANONIMA COMERCIAL E INDUSTRIAL*	**Welding Engineering** Page 2 of 2
	CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM	**WPS No. 819**

POSITIONS (QW-405)

Position(s) of Groove:	**ALL**
Welding Progression:	**UPHILL**
Position(s) of Fillet:	**N/A**

PREHEAT (QW-406)

Preheat Temperature (minimum):	**80°C**
Interpass Temperature (maximum):	**260°C**

Preheat Maintenance: **The minimum Preheat Temperature shall be maintained during the execution of the entire root pass, performed with E6010 electrode.**

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range:	**N/A**
Time Range:	**N/A**
Other:	

GAS (QW-408)

	PERCENT COMPOSITION		
	Gas(es)	Mixture (%)	Flow Rate (l/min)
Shielding:	**N/A**	**N/A**	**N/A**
Backing:	**N/A**	**N/A**	**N/A**
Trailing:			

Purged:

Other:

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC /DC: **DC** *Polarity:* **EP (REVERSE)**

Amps (range): **75-120** *Volts (range):* **20-25**

(Amps and Volts range should be recorded for each electrode size, position, thickness and welding process. This information shall be indicated in a tabular form shown at the end of this page.)

Tungsten Electrode (Size and Type):	**N/A**
Mode of Metal Transfer (for GMAW):	**N/A**
Electrode Wire Feed Speed:	**N/A**
Other:	

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead:	**BOTH**
Orifice or Gas Cup Size (for GTAW & GMAW):	**N/A**
Initial Cleaning:	**WIRE BRUSH**
Interpass Cleaning:	**CHIPPING and BRUSHING or GRINDING**
Method of Back Gouging:	**N/A**
Oscillation (maximum):	**3xElectrode Dia.**
Contact Tube to Work Distance (for GMAW & SAW):	**N/A**
Multiple or Single Pass (per side):	**MULTIPLE**
Multiple or Single Electrodes:	**SINGLE**
Travel Speed (range):	**SEE TABLE BELOW**
Peening:	**NOT PERMITTED**
Maximum Pass Thickness (Only for impact requirements):	**N/A**
Other:	

TABLE OF WELDING VARIABLES (QW-404; QW-409; QW-410)

PASS	PROCESS	AWS (Class.)	DIA.	AMPS (Range)	VOLTS (Range)	DC/AC	TRAVEL (cm/min)	DIR.
1	SMAW	E6010	2.5	75-85	20-25	DCEP	4-6	↑Up
2-n	SMAW	E7018	3.25	90-120	20-25	DCEP	6-8	↑Up

NOTES: **a) The following Welding Variables are applicable to this WPS: QW-403.9**

REPARED BY: **HT** Signature: Harry Tschubow	**PURCHASER APPROVAL** Signature: Date:

TECHINT	**TECHINT S.A** COMPAÑIA TECNICA INTERNACIONAL *SOCIEDAD ANONIMA COMERCIAL E INDUSTRIAL*	Welding Engineering Page 1 of 3 PQR No. 819

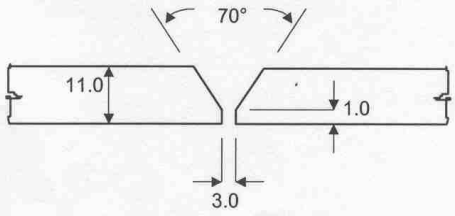
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

ASME IX *QW-483*

PQR No. 819	Revision No. 0	Emission Date: 21/02/2003 Revision Date:
	Welding Procedure Specification No. 819	

WELDING PROCESS(ES)	☐ GTAW	■ SMAW	☐ GMAW	☐ SAW	TYPE(S)	■ MANUAL	☐ SEMIAUTOMATIC	☐ MACHINE

JOINT (QW-402)



ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN **(mm)**

BASE METALS (QW-403)

Material Specification:	**SA-106**
Type or Grade:	**B**
P-No. **1 Group 1**	*to P-No.* **1 Group 1**
Thickness of Test Cupon:	**11.0 mm**
Diameter of Test Cupon:	**6"**
Other:	

FILLER METALS (QW-404)

	SMAW	*SMAW*
Specification ---------- SFA No.	**5.1**	**5.1**
Classification ----------AWS No.	**E6010**	**E7018**
Filler Metal ---------- F-No.	**3**	**4**
Weld Metal Analysis---- A-No.	**1**	**1**
Size of Filler Metal (mm):	**Ø 2.5**	**Ø 3.25**
Weld Metal Thickness:	**2 mm**	**9 mm**
Other:		

POSITION (QW-405)

Position of Groove:	**5G**
Weld Progression (Uphill, Downhill):	**UPHILL**
Other::	

PREHEAT (QW-406)

Preheat Temperature:	**80ºC**
Interpass Temperature:	**Max. 260°C**
Other:	

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Termperature::	**N/A**
Time:	**N/A**
Other:	

GAS (QW-408)

	Gas(es)	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding:	**N/A**	**N/A**	**N/A**
Backing:	**N/A**	**N/A**	**N/A**
Trailing:			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current:	**DC**		
Polarity:	**EP (+)**		
Amps.	**75-94**	*Volts.*	**20-25**
Tungsten Electrode Size:	**NA**		
Other:			

TECHNIQUE (QW-410)

Travel Speed::	**4-8 cm/min**
String or Weave Bead:	**BOTH**
Oscillation:	**Max. 3xØelectrode**
Multipass or Single Pass (per side):	**MULTIPASS**
Single or Multiple Electrode:	**SINGLE**
Other:	

TECHINT	**TECHINT S.A** COMPAÑIA TECNICA INTERNACIONAL *SOCIEDAD ANONIMA COMERCIAL E INDUSTRIAL*	**Welding Engineering** Page 2 of 3 **PQR No. 819**

TENSILE TEST (QW-150)

Specimen No. [QW-462.1(b)]	Width (mm)	Thickness (mm)	Area (mm^2)	Ultimate Total Load [kN]	Ultimate Unit Stress [N/mm^2] ó [MPa]	Type of Failure and Location
T1	19.75	11.20	221.2	111.0	502	Soft in Base Metal
T2	19.90	11.40	226.9	116.0	511	Soft in Base Metal

GUIDED-BEND TESTS (QW-160)

Type and Figure No.	Result
SIDE BEND / QW-462.2 - LADO 1	APPROVED (Without Remarks)
SIDE BEND / QW-462.2 - LADO 2	APPROVED (Without Remarks)
SIDE BEND / QW-462.2 - LADO 3	APPROVED (Without Remarks)
SIDE BEND / QW-462.2 - LADO 4	APPROVED (Without Remarks)

TOUGHNESS TESTS (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size (mm)	Test Temperature	Impact Values (Joules)	Lateral Expansion Shear (%)	Lateral Expansion Mils (mm^2)	Break (Y/ N)

Remarks:

FILLET WELD TEST (QW-180)

Results:	Penetration into Parent Metal (Yes / No):
Macro - Results:	

OTHER TESTS

Type of Test	Result

Welder's Name: **Jacinto Eulogio CRISPIN TORRES**	Stamp No.
Qualification Witnessed By: **Roberto ZUCCARELLI – Techint Welding Inspector / Fidel SOTO – TGP Welding Inspector**	
Mechanical Tests Conducted By: **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU**	Laboratory Report No. **MAT-FEB-113/2003**

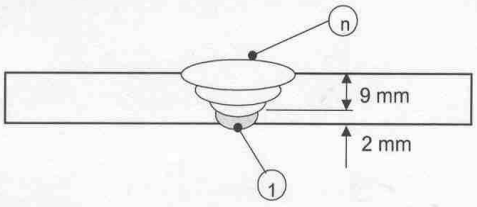
WE CERTIFY THAT THE STATEMENTS IN THIS RECORD ARE CORRECT AND THAT THE TEST WELDS WERE PREPARED, WELDED, AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF SECTION IX OF THE ASME CODE.

ANNEX

TABLE OF OPERATIVE VARIABLES USED DURING QUALIFICATION

PASS No.	1	2	3	4
PROCESS	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
FILLER METAL *(AWS Classification)*	E6010	E7018	E7018	E7018
DIAMETER *(mm)*	2.5	3.25	3.25	3.25
AMPS	75	90	90	94
VOLTS	25	25	25	20
TRAVEL SPEED *(cm/min)*	4	6	8	7.7
WIRE FEED SPEED *(m/min)*	N/A	N/A	N/A	N/A
CURRENT - AC/DC *(polarity)*	DC(+)	DC(+)	DC(+)	DC(+)
WIRE STICK-OUT (FOR GMAW & SAW) *(mm)*	N/A	N/A	N/A	N/A
SHIELDING GAS	N/A	N/A	N/A	N/A
FLOW RATE *(l/min)*	N/A	N/A	N/A	N/A
BACKING GAS	N/A	N/A	N/A	N/A
FLOW RATE *(l/min)*	N/A	N/A	N/A	N/A
FLUX *(Trade Name)*	N/A	N/A	N/A	N/A
POSITION *(Progression)* (U↑ D↓)	5G (U↑)	5G (U↑)	5G (U↑)	5G (U↑)
ELECTRODE TRADE MARK	OERLIKON (1)	OERLIKON (2)	OERLIKON (2)	OERLIKON (2)

SEQUENCE OF PASSES



OTHER: Partidas de producción de electrodos
(1) = Prod. Nº 191201 P 515052
(2) = Prod. Nº 100103 P 400271

AWS QC 1 JORGE H. RUIZ-CASTRO 95090171 CWI

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
SECCION INGENIERIA MECANICA
LABORATORIO DE MATERIALES

MAT-FEB-113/03

ANÁLISIS QUÍMICO

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 4

SOLICITADO POR : **TECHINT S.A.C.**
DIRECCIÓN : Mariscal Ureta 147, Miraflores.
MÉTODO : ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN.
MUESTRA : TUBO DE ACERO WPS 819
FECHA : 03.02.21

RESULTADOS:

ELEMENTO	CONTENIDO (%)
C	0,21
Mn	0,59
Si	0.29
P	0,013
S	0,014
Ni	0,07
Cr	0,06
Mo	0,00
Cu	0,05
V	0,00

Fecha de ejecución: 03.02.20

OBSERVACIONES:

. La muestra analizada fue proporcionada por el solicitante.
. De acuerdo a la composición química de la muestra y teniendo como referencia el **Handbook de la ASTM,** el material analizado cumple con los requisitos del **ACERO A 106 Grado A, B y C.**

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

Ms. Ing. Roberto Lazarte Camero C.I.P. 33858
Jefe del Laboratorio de Materiales

Av. Universitaria Cdra. 18 - Lima 32
(San Miguel) Lima - Perú
Apartado Postal 1761 - Lima 100
http://www.pucp.edu.pe
Teléfono
(01) 460-2870 anx. 191
Telefax :
(01) 261-3173

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
SECCION INGENIERIA MECANICA
LABORATORIO DE MATERIALES

MAT-FEB-113/2003

ENSAYO DE TRACCIÓN

INFORME DE LABORATORIO

MAT-Lab-4.04

Número Total de Páginas: 4

SOLICITADO POR : **TECHINT S.A.C.**
DIRECCIÓN : Mariscal Ureta 147, Miraflores.
REALIZADO POR : Ings. Jesús Ruiz S. y Aníbal Rozas G.
MUESTRA : Probetas de acero soldadas - WPS 819.
FECHA : 2003.02.21.

RESULTADOS:

MUESTRA		T1	T2
SECCIÓN TRANSVERSAL (a x b)	a (mm)	19.75	19.90
	b (mm)	11.20	11.40
	ÁREA (mm^2)	221.2	226.9
CARGAS (kN)	FLUENCIA	---	---
	MÁXIMA	111.0	116.0
TENSIONES (MPa)	FLUENCIA	---	---
	MÁXIMA	502	511
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		---	---
ALARGAMIENTO ENTRE MARCAS (mm)		---	---
ALARGAMIENTO (%)		---	---

Fecha de Ejecución: 2003.02.21.

OBSERVACIONES:

. Condición de la muestra: La muestra 2 presentaba ligera socavación.
. Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante
. Norma de referencia: ASME IX-95.
. En ambos casos la rotura se produjo en el metal base.

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

Ms. Ing. Roberto Lazarte Gamero C.I.P. 33858
Jefe del Laboratorio de Materiales

Av. Universitaria Cdra. 18 - Lima 32
(San Miguel) Lima - Perú
Apartado Postal 1761 - Lima 100
http://www.pucp.edu.pe
Telefono (01) 460-2870 anx. 191
Telefax : (01) 261-3173

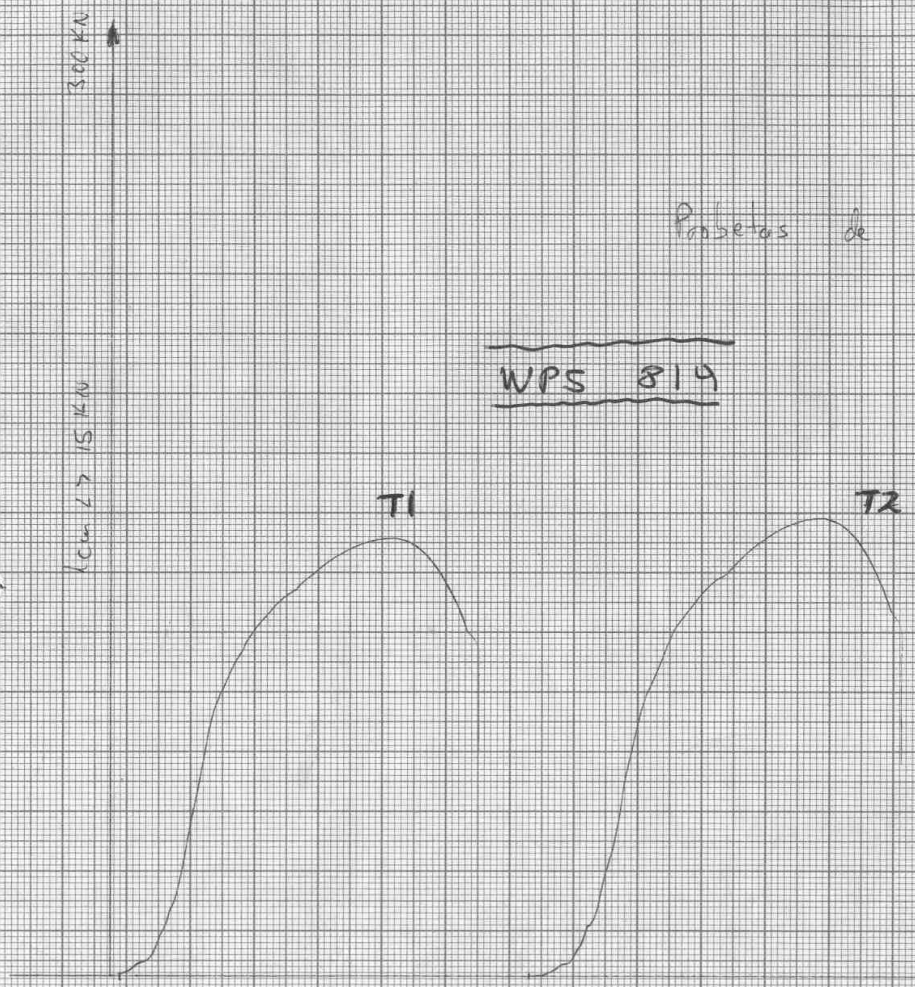
Mat - Feb 113/2003

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

Ms. Ing. Roberto Lazarte Gamero C.I.P. 33858
Jefe del Laboratorio de Materiales

Probetas de acero soldadas

WPS 814



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
SECCION INGENIERIA MECANICA
LABORATORIO DE MATERIALES

MAT-FEB-113 /2003

ENSAYO DE DOBLADO

INFORME DE LABORATORIO

MAT-Lab-4.04

Número Total de Páginas: 4

SOLICITADO POR : **TECHINT S.A.C.**
DIRECCIÓN : Mariscal Ureta 147, Miraflores.
REALIZADO POR : Ings. Jesús Ruiz / Aníbal Rozas.
MUESTRA : Probetas de acero soldadas – WPS 819.
FECHA : 2003.02.05.

RESULTADOS:

MUESTRA	ÁNGULO DE DOBLADO	PRESENCIA DE Discontinuidades	OBSERVACIONES Calificación ASME IX
LADO – 1	180°	0.2 mm	**CONFORME**
LADO – 2	180°	No hay	**CONFORME**
LADO – 3	180°	No hay	**CONFORME**
LADO – 4	180°	No hay	**CONFORME**

Fecha de Ensayo: 2003.02.21.

OBSERVACIONES:

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- Condición de las muestras: Visualmente en buen estado.
- Código de Ensayo: ASME IX – 95

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

Ms. Ing. Roberto Lazarte Gamero C.I.P. 33858
Jefe del Laboratorio de Materiales

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales

Av. Universitaria Cdra. 18 - Lima 32 (San Miguel) Lima - Perú
Apartado Postal 1761 - Lima 100 http://www.pucp.edu.pe
Teléfono (01) 460-2870 anx. 191
Telefax : (01) 261-3173

EPS Nº 01-OT-W-PS-0012	Revisión	Registro Soporte	Fecha emisión: 07/06/2006
	0	PQR OT 004-11-06	Fecha revisión: - N/A

TIPO DE SOLDADURA	☐ TOPE	■ DERIVACION	APLICABLE A	■ CAÑOS	■ LINEA
	☐ FILETE	☐ OTRO		☐ ACCESORIOS	☐ INSTALACION DE SUPERFICIE

VARIABLES		DESCRIPCION
Proceso	5.4.2.1	SMAW
Material Caño principal	5.4.2.2	API 5L Gr X70
Material derivación		A350 LF6 CL 1
Material refuerzo		Todos (C_{eq} < 0.42 en caño principal)[1] (C_{eq} ≤ 0.45 en elemento forjado pequeño diámetro)[1]
Diámetro	5.3.2.3	Todos
Espesor de Pared	5.4.2.5	E > 5.5 mm
Diseño de la Junta	5.4.2.3	VER dibujo adjunto
Material de Aporte	5.4.2.6	E7018-1H4 / E7016-H4
Numero de Cordones	-	MULTIPASADAS
Características Electricas	5.4.2.7	VER CUADRO DE VARIABLES OPERATIVAS EN HOJA N
Posicion de la Junta	5.4.2.4	Todas
Direccion de Soldadura	5.4.2.9	Ascendente
Numero de Soldadores	-	Uno
Tiempo Entre Pasadas	5.4.2.8	MAXIMO 30 min (Entre 1ra. y 2da. pasada) -
Tipo de Precalentador	5.3.2.11	POR PUNTOS DE SOLDADURA
Ratio de Precalentador		N/A
Limpieza y/o Amolado	5.3.2.12	AMOLADO/CEPILLO
Precalentamiento	5.4.2.13	100ºC (mínimo)
Gas Protector	5.4.2.10	N/A
Caudal		N/A
Fundente Protector	5.4.2.11	N/A
Velocidad de Soldadura	5.4.2.12	VER CUADRO DE VARIABLES OPERATIVAS EN HOJA 2/2
Tratamiento Termico Posterior	5.4.2.14	NO

DISEÑO DE JUNTA

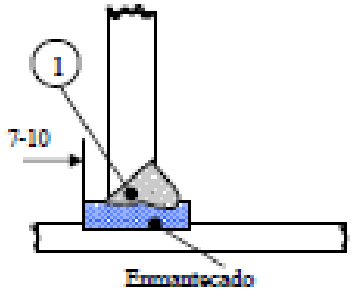


Figura 1: Secuencia de montaje. Las dimensiones de los files (t) debe estar de acuerdo a sección 4.6 (las dimensiones indicadas en la figura están en milímetros)

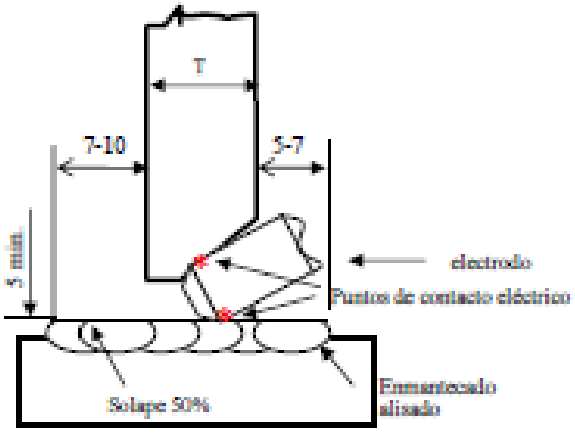


Figura 2: Dimensiones del enmantecado. Se debe depositar una pasada de 5 mm como mínimo. Para evitar porosidad y problemas en inicio del arco, asegúrese de que el acceso es bueno y permitirá un buen contacto eléctrico de la punta del electrodo.

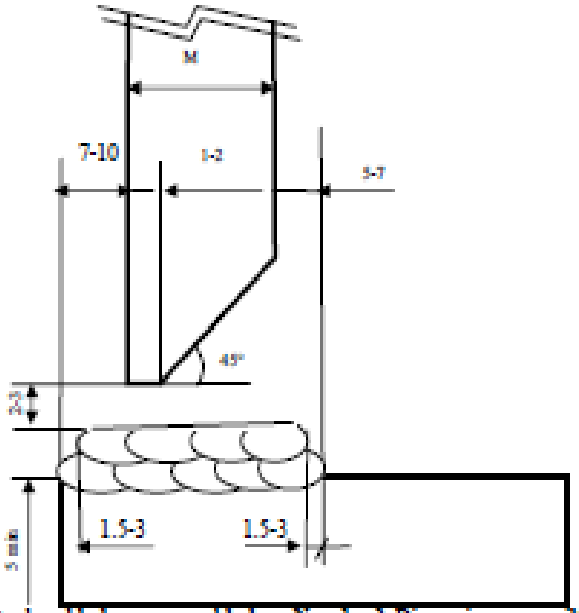


Figura 3 : Detalles de junta de soldadura para soldadura Nro. 1 y 3. Dimensiones en milimetros

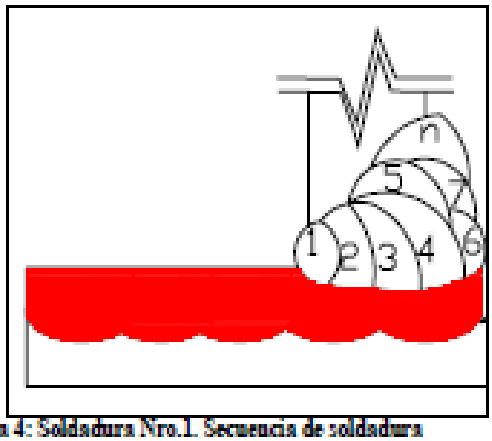


Figura 4: Soldadura Nro.1. Secuencia de soldadura

VARIABLES DE SOLDADURA

PASADA	Enmantecado	1ª Raiz	2 ª a n Relleno
PROCESO	SMAW	SMAW	SMAW
AWS (CLASIFICACION)	E7018-1-H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4
DIAMETRO (mm)	3.2	2.4/3.2	2.4/3.2
AMPERAJE	80-100	90-120	100-120
VOLTAJE	22-24	22-24	22-24
VELOCIDAD (cm/min)	15-16	4-6	10-20
HEAT IMPUT (KJ/cm.)	0.7-0.9	2-3.6	1-1.7
POLARIDAD CC(+/-)	CC(+)	CC(+)	CC(+)
DIRECCION A↑ D↓	A↑	A↑	A↑

TECHINT	QW-482 ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) ASME IX	Sheet 1 of 2 EPS 1-048 Rev 3

ESPECIFIC. DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA N°: / Welding Procedure Specification N°: **1-048** REVISION N°: / Revision: **3** FECHA: / Date: **18/07/08**

AVALADO POR RCP N°: / Supported by PQR N°: **008 / 1-006** FECHA: / Date: **NA**

PROCESO DE SOLDADURA: / Welding Process (es): **SMAW** TIPO(s): / Type(s): **MANUAL**

JUNTAS (QW-402): JUNTAS (QW-402): VER MAPA DE SOLDADURA, ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA O PLANOS DE DISEÑO APLICABLES / SEE WELD MAP, ENGINEERING SPECIFICATIONS OR APPLICABLE PLANES OF DESIGN

Joint Desing

*Tabla de Especificación de Materiales / Table of Specification of Materials

- API 5L GR. X42
- API 5L GR. X52
- API 5L GR. X60
- ASTM A 105
- ASTM A 106 GR. B
- ASTM A 216 GR WCB
- ASTM A 234
- ASTM A 234 GR. WPB
- ASTM A 283 GR. C
- API 5L GR. B
- STM A 285 GR. C
- ASTM A 36
- ASTM A 53 GR. B
- ASTM A 570 GR. 50
- ASTM A 694 GR. F65
- MSS-SP-75 WPHY 65
- API 5L GR. X70

RESPALDO: / Backing: YES: ☐ NO: ■ MATERIAL DE RESPALDO (Tipo): / Backing Material (Type): NA

METAL BASE (QW-403)
Base Metals

P N°: **1** Gr. N°: **TODOS / ALL** A P N°: / to: **1** Gr. N°: **TODOS /ALL**

ESPECIFICACION TIPO Y GRADO: / Specification Type and Grade: *** Ver Tabla Arriba / see Table Below** A ESPECIFICACION TIPO Y GRADO: / to Specification Type and Grade: *** Ver Tabla Arriba / see Table Below**

O (Or) COMP. QUIMICA Y PROP. MECANICAS: / Chemical Composition and Mechanical Properties: **NA** O (Or) A COMP. QUIMICA Y PROP. MECANICAS: / to Chemical Composition and Mechanical Properties: **NA**

RANGO DE ESPESORES (mm) / Thickness Range: BISEL: / Groove: **1.6 mm** A / to: **32MM** FILETE: / Fillet: **TODOS / ALL**

RANGO DIAMETRO TUBO: / Pipe Diameter Range: **ALL**

METAL DE APORTE (QW-404)
Filler Metals

F N°: **3** OTRO: / Other: **4** A N°: **1** OTRO: / Other: **1**

ESPECIFICACION N° SFA: / SFA Specification: **A 5.1 SMAW** AWS N° (CLASE): / AWS N° (Class): **E 6010 / E 7018**

MEDIDAS METAL DE APORTE (mm): / Size of Filler Metal: 2.4mm/ 3.25mm/ 4mm ELECTRODO - FUNDENTE (CLASE): / Electrode – Flux (Class): **NA**

NOMBRE COMERCIAL DEL FUNDENTE: / Flux Trade Name: **NA** NOMBRE COMERCIAL DEL ELECT.: / Electrode Trade Name: **NA**

RANGO DE ESPESORES (mm): / Thickness Range: BISEL: / Groove: **MAX. 4 MM 6010 / MAX. 28MM 7018** No [illegible] los 13mm por pasada. Do not exceed 13mm per pass FILETE: / Fillet: **TODOS / ALL**

FORMA DEL PRODUCTO / Filler Metal Product Form: **NA**

NOTA / Note: **NO APLICABLE PARA JUNTAS CON REQUERIMIENTOS DE IMPACTO / Not applicable for joints with impact requirements**

TECHNIT

QW-482
ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

ASME IX

Sheet 2 of 2

EPS 1-048

Rev.: 3

POSICIONES / Positions (QW-405)

POSICIONES DE JUNTA: Groove Positions: **TODAS / ALL**

PROGRESION DE SOLDADURA: Welding Progression: **ASCENDENTE / Uphill**

POSICIONES DE FILETE: Fillet Positions: **TODAS / ALL**

TRAT. TERMICO POST-SOLDADURA
Post Weld Heat Treatment (QW-407)

RANGO DE TEMPERATURA (°C): Temperature Range: **NA**

RANGO DE TIEMPO (h): Time Range: **NA**

OTROS: Others: **NA**

PRECALENTAMIENTO / Preheat (QW-406)

TEMP. PRECALENT. MIN. (°C): Minimum Preheat Temperature:

50°C T < 15MM

80°C 15MM ≤ T < 25MM

100° C 25 MM ≤ T < 32 MM

MATERIALES / MATERIALS

ASTM A 694 GR. F65
MSS-SP-75 WPHY 65
API 5L GR. X65
ASTM A 216 GR WCB
API 5L GR. X70
100° C para todos T / for all

TEMP. ENTRE PASADAS MAX. (°C): Maximum Inter-Pass Temperature: **MAX 260°C**

MANTENIMIENTO DE PRECALENTAM.: Preheat Maintenance: **NA**

GAS (QW-408)

	COMPOSICION PORCENTUAL Percent Composition		
	GAS (ES) / Gas (es)	MEZCLA / Mixture	CAUDAL / Flow Rate
PROTECCION Shielding	NA	NA	NA
RESPALDO Backing	NA	NA	NA

NOTA / Note: **NA**

CARACTERISTICAS ELECTRICAS / Electrical Characteristics (QW-409)

CORRIENTE AC o DC: Current: **CC**

POLARIDAD: Polarity: **(+)**

AMPERAJE (RANGO): Amp. (Range): **60-170**

VOLTAJE (RANGO): Voltage (Range): **22-28**

ELECTRODO DE TUNGSTENO – DIAMETRO Y TIPO: Tungsten Electrode – Diameter and Type: **NA**

MODO DE TRANSFERENCIA METALICA: Mode of Metal Transfer: **NA**

TECNICA / Technique (QW-410)

CORDON SIMPLE U OSCILADO: String or Weave Bead: **AMBOS / Both**

OSCILACION: Oscillation: **MAX 10 mm**

DIMENSION DE LA BOQUILLA DE GAS: Orifice or Gas Cup Size: **NA**

DISTANCIA TUBO PIEZA: Contact Tube to Work Distance: **NA**

LIMPIEZA INICIAL Y ENTRE PASADAS (CEPILLADO, ESMERILADO, ETC): Initial and Inter-pass Cleaning (Brushing, Grinding, etc): **AMOLADO ó CEPILLADO. Grinding or brushing.**

METODO DE SANEADO DE RAIZ: Method of Back Gouging: **NA**

ELECTRODO (S) SIMPLE O MULTIPLE: Multiple or Single Electrodes: **SIMPLE / Single**

PASADA (S) SIMPLE O MULTIPLE (POR LADO): Multiple or Single Pass (per Side): **MULTIPLE**

MARTILLADO: Peening: **NO**

NÚMERO DE CAPAS / Layer Number	PROCESO / Process	METAL DE APORTE / Filler Metal		CORRIENTE / Current		RANGO DE VOLTAJE / Voltage Range	VELOCIDAD DE AVANCE / Avance Travel Speed cm/min	NOTAS / Notes
		CLASE / Class	DIAMETRO / Diameter (mm)	POLARIDAD / Polarity	RANGO AMP / Amp. Range			
1	SMAW	E6010	2.5 / 3.25	CC(+)	60-110	22-26	5-7	NA
2-N	SMAW	E7018	3.25 / 4	CC (+)	90-170	22-28	6-14	NA

EMITIO: Gabriel Martinez

DISEÑO DE JUNTA GENERAL

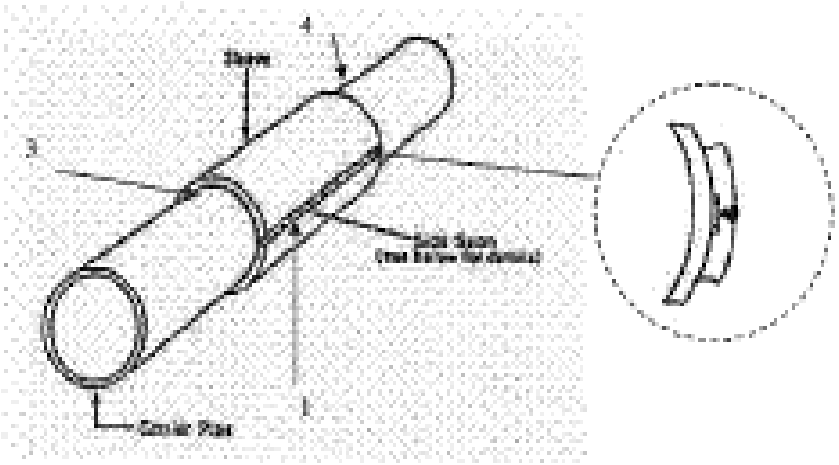


Figura 1: Secuencia de montaje. Las dimensiones de los files (f) debe estar de acuerdo a sección 4.5 (las dimensiones indicadas en la figura están en milímetros)

Costura circunferencial

VARIABLES DE SOLDADURA

PASADA	Raiz	1ª Capa	2ª a 8ª
PROCESO	SMAW	SMAW	SMAW
AWS (CLASIFICACION)	E7018-1-H4	E7018-1 H4	E7018-1 H4
DIAMETRO (mm)	3.2	3.2	3.2
AMPERAJE	120-140	110-115	120-160
VOLTAJE	22-24	20-22	20-22
VELOCIDAD (cm/min)	15-16	6-8	8-10
HEAT IMPUT (KJ/mm.)	1.1-1.3	1.6-2.5	1.5-2
POLARIDAD CC(+/-)	CC(+)	CC(+)	CC(+)
DIRECCION A↑ D↓	A↑	A↑	A↑

Detalles de juntas

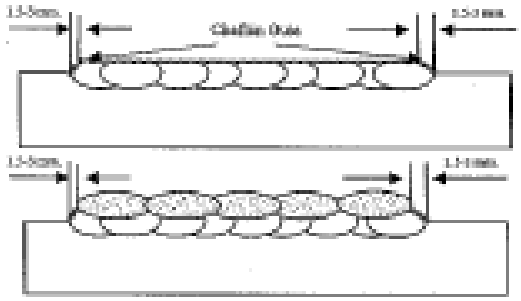


Figura 3: Enmanteado Costura circunferencial. Se debe depositar una capa de soldadura con las dimensiones indicadas . Luego se de amolar los bordes hasta lograr un chaflán de 1.5-3 mm (a). Finalmente se deposita la segunda capa usando como referencia el chaflán hecho sobre la primera capa. Es importante que el cordón superior quede a una distancia de 1.5-3 mm.

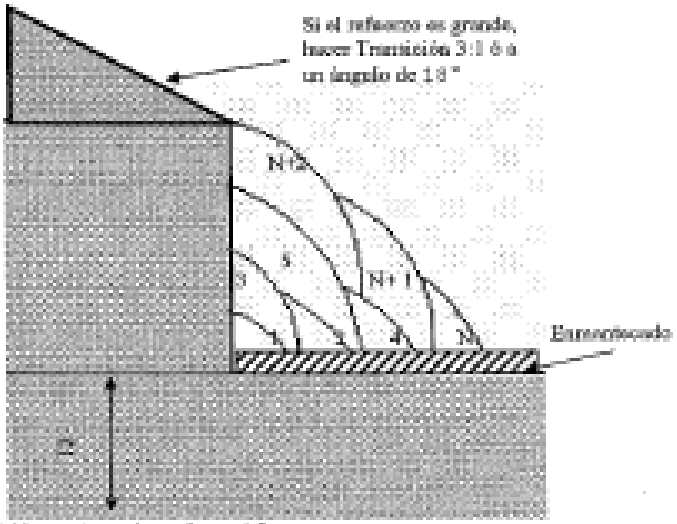
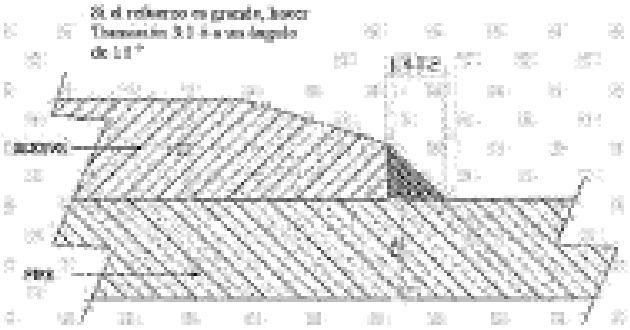


Figura 4: secuencia de deposición costura circunferencial.

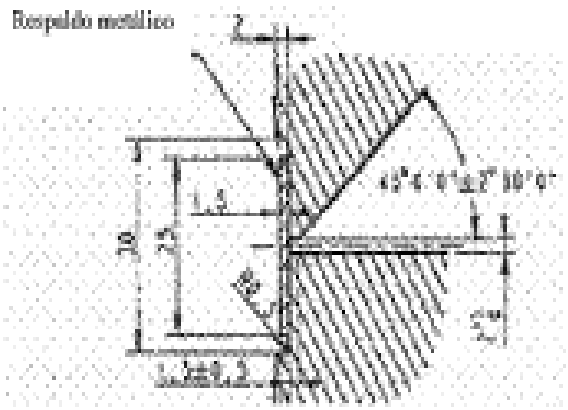


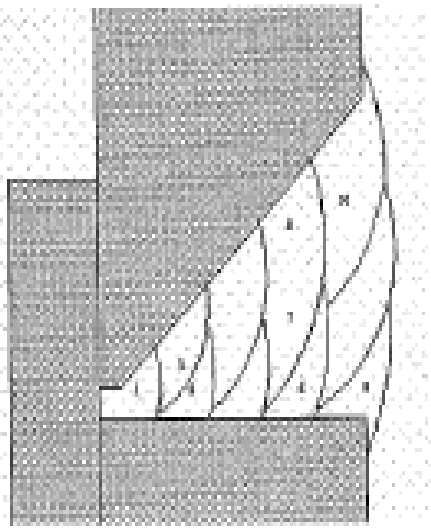
Costura Longitudinal

Variables de soldadura

PASADA	1-2
PROCESO	SMAW
AWS (CLASIFICACION)	E7018-1 H4
DIAMETRO (mm)	3.2
AMPERAJE	120-160
VOLTAJE	20-22
VELOCIDAD (cm/min)	8-10
HEAT IMPUT (KJ/cm.)	1.5-2
POLARIDAD CC(+/-)	CC(+)
DIRECCION A↑ B↓	A↑

Detalles de junta



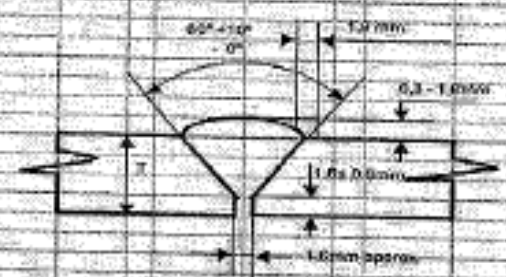


TEDUC	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION N° 2794-L-SP-00031 Supported by PQR N° 1 of date 21/03/02 CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM ACCORDING TO API 1104/99	REV. N° 6 DATE 05/12/02 Page 2 of 15

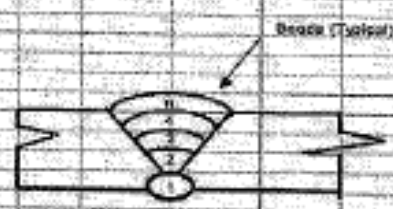
GENERAL SPECIFICATIONS

APPLICATIONS	BUTT WELD
WELDING PROCESS	SMAW - Manual
MATERIAL	PIPE : API 5 L Gr X 70
DIAMETER	OD equal and greater than 10.750 in
WALL THICKNESS	From 0.188 in. Through 0.750 in.
FILLER METAL	GROUP: 1 and 2 SPAJ05.5/5.5 MANUFACTURER: LINCOLN TRADE NAME:Fleetweld SP+/Shield Arc 70 +
MINIMUM PASSES	FOUR
JOINT DESIGN	V-BEVEL see sketches
POSITION	FIXED 5 G
DIRECTION OF WELDING	DOWNHILL
PREHEAT	PIPE: MINIMUM 120 °C
INTERPASS TEMPERATURE	MINIMUM 150 °C MAXIMUM 300 °C
LINE-UP CLAMP	INTERNAL OR EXTERNAL
LINE-UP CLAMP REMOVAL	INTERNAL 100 % EXTERNAL 50 %
NUMBER OF WELDERS	TWO OR MORE
SHIELDING	N/A
CLEANING	GRINDING / POWER WIRE BRUSH
TIME LAPSE BETWEEN PASSES	MAXIMUM 5 MINUTES BETWEEN PASSES
POST HEAT	N/A

SKETCHES



Standard V-Bevel Butt-Joint



Sequence of Beads

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

N° OF BEADS		PROCESS	AWS DESIGNATION	DIAMETER [mm]	CURRENT [amper]	VOLTAGE [volt]	DC STR	DC REV	SPEED TRAVEL [cm/min.]
1st	Root	SMAW	AWS E 8010	4	96/134	26/37	-		28/45
2nd	Hot	SMAW	AWS E 8010G	4/5	120/215	23/36		+	35/53
3rd through (n-1)	Fill	SMAW	AWS E 8010G	4/5	96/177	22/36		+	20/45
n	Stripper	SMAW	AWS E 8010G	4/5	96/177	22/36		+	20/45
n + 1	Cover	SMAW	AWS E 8010G	4/5	95/160	21/32		+	18/22

REMARKS:

Welding shall be completed within the 24 hours after commenced.
A weld should not be interrupted before at least one half of the groove is filled.
If interruption is unavoidable then weld should be wrapped to reduce cooling rate and then reheated to 150°C on resumption of welding.

This WPS will be used for welding pipeline with the exception of critical zones as identified on Attachment A. Critical Zone restriction will be re-evaluated upon completion of pipeline risk analysis.

TECHINT
TEDUC

PROCEDURE QUALIFICATION RECORD
CAMISEA NATURAL GAS AND NGL TRANSPORTATION SYSTEM
(API Standard 1104/99)

PQR for Welding Procedure N°: 2794-L-SP-00031 Rev :B

RCPN°: 1
Date: 21/03/02

Location: PISCO	Client: TGP
Operator: Morales and Figuera	Inspector:
Welding position: 6G	Weather conditions: Cloudy
Welding direction: DH	Mean temperature: 30°
Overlap dimension:	Welding time: 1h
Filler metal: E6010 -E60100	Wind break used: N/A
Pipe grade and type: API 5L Gr X70 PSL 2	Welding machine type: Lincoln SAM 400
Pipe outside diameter: 14"	
Pipe thickness: 6.35 mm (nominal)	Power welding machine: 400 Amp

WELDING PARAMETERS

Pass N°	1	2	3	4	5	6
Process	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW		
Wire type (AWS)	E6010	E6010 G	E6010 G	E6010 G		
Diameter (mm)	4	4	4	4		
Arc velocity (cm/min)	28-30	36-54	20-50	16-38		
Voltage	27-31	24-35	22-30	22-30		
Amperage	99-150	119-213	99-150	97-140		
Direction D ↓ A ↑	DH	DH	DH	DH		
Current Type & Polarity	STR	REV	RVE	RVE		
Others						

DESTRUCTIVE TESTS

Coupon test N°	1	2	3	4
Original dimension (mm)	26.15 X 6.22	28.00 X 6.25	27.20 X 6.22	26.30 X 6.20
Original area (mm²)	162.7	162.5	169.2	163.1
Maximum load (MPa)	671	680	694	673
Yiled strength (MPa)	575	599	623	599
Fracture location	BM	BM	WM	BM

Test laboratory:
Laboratory certificate N°:

Remarks about tensile-strength tests:

T1: OK	T3: OK
T2: OK	T4: OK

Remarks about bend tests:

FACE/SIDE	ROOT/SIDE
F S 1 :OK F S 2 : OK	R S 1 : OK R S 2 : OK
F S 3 : OK F S 4 : OK	R S 3 :OK R S 4 : OK

Remarks about nick-break tests:

E1: OK	E3: OK
E2: OK	E4: OK

EXAMINATIONS

VISUAL (according paragraph 6.4 from API 1104/99)	Qualified	OK	Not approved	
RADIOGRAPHIC (according paragraph 6.6 from API 1104/99)	Qualified	N/A	Not approved	
Report N°:	Radiologist Level II: N/A		Certificate N°:	

QUALIFIED | APPROVED | NOT APPROVED

Remarks:

WELDING PROCEDURE SPECIFICACTION

ASME IX *QW-482*

FABRICATION APPLICABLE CODE	ANSI B31.1	ANSI B31.3	ANSI B31.8	ASME VIII	API 620/650

WPS No. 835-S/T	Revision	Supporting PQR No.	Emission date:	29/04/2003
	1	835-WL	Revision date:	23/06/2003

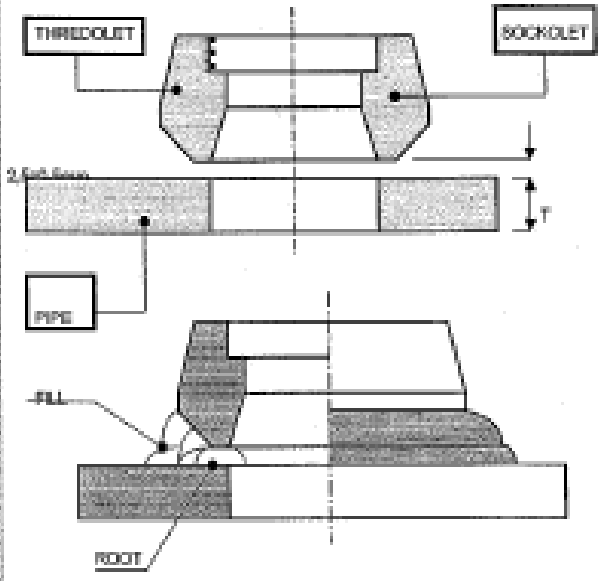
Welding Process(es):				Type(s):		
■ GTAW	■ SMAW	□ GMAW	□ FCAW	■ MANUAL	□ SEMI-AUTOMATIC	□ MACHINE

JOINTS (QW-402)

Joint Design:	**SOCKOLET / THREDOLET**	
Backing	□ Yes	■ No
Backing Material (Type):	N/A	
□ *Metal*	□ *Nonfusing Metal*	
□ *Nonmetallic*	□ Other	

Bevel Preparation Method:

BY MACHINING



BASE METALS (QW-403)

P-No. 1	*Gr.No.* 1	to	*P-No.* N.A.	*Gr.No.* -

or

Specification (Type and Grade): SA-106 gr.B

to *Specification (Type and Grade):* A-350 gr.LF6 (*)

or

Chemical Analysis and Mechanical Properties:

to *Chemical Analysis and Mechanical Properties:*

THICKNESS RANGE -Groove: 3 to 12 mm

Fillet: ALL

PIPE DIAMETER RANGE (Fitting): < 2"

Other: (*) Material Not Assigned in QW-422

FILLER METALS (QW-404)

PROCESS:	GTAW	SMAW
Specification - SFA No.	5.18	5.1
Classification - AWS No.	ER70S-3	E7018
F-No.	6	4
A-No.	1	1
Size of Filler Metals - Ø (mm)	2.4	2.5
DEPOSITED WELD METAL (mm)	-	-
Thickness Range - Groove: (mm)	max. 4	max. 8
Fillet	ALL	ALL
Electrode-Flux (Classification).	N/A	N/A
Flux (Trade name).	N/A	N/A
Consumable Insert.	Not Used	N/A
Product Form.	Solid	N/A
OTHER	(See Footnote "a")	

PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

ASME IX (QW-483)

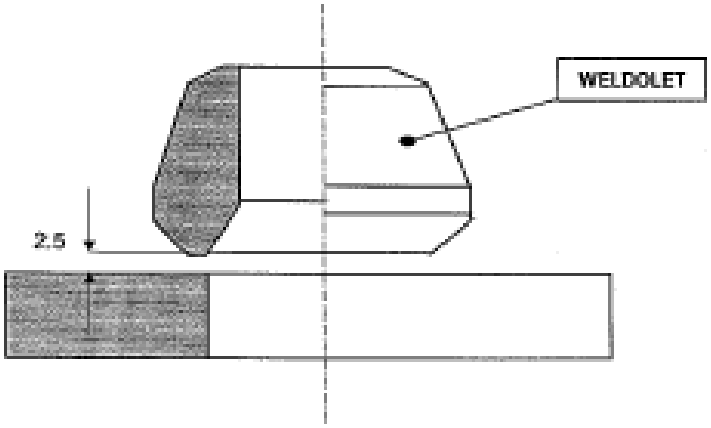
PQR No. 835-WL

Revision No.	Emission Date: June, 23/2003
0	Revision Date:

Welding Procedure Specification No. 835-S/T

WELDING PROCESS(ES)	■ GTAW	■ SMAW	□ GMAW	□ SAW	TYPE(S)	■ MANUAL	□ SEMIAUTOMATICA	□ MECANIZADA

JOINTS (QW-402)



ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN (mm)

BASE METALS (QW-403)

Material Specification:	SA-106 / A-350
Type or Grade:	B / LF6
P-No. 1 group 1	to P-No. Not Assigned
Thickness of Test Coupon:	N/A
Diameter of Test Coupon:	N/A
Other:	LETS to PIPE

FILLER METALS (QW-404)

	GTAW	SMAW
Specification ---------- SFA No.	5.18	5.1
Classification ---------- AWS No.	ER70S-3	E7018
Filler Metal---------- F-No.	6	4
Weld Metal Analysis------ A-No.	1	1
Size of Filler Metal (mm):	Ø 2.4	Ø 2.5
Weld Metal Thickness:	N/A	Fillet
Other:		

POSITION (QW-405)

Position of Groove:	2G
Weld Progression (Uphill, Downhill):	N/A
Other:	2F

PREHEAT (QW-406)

Preheat Temperature:	65°C
Interpass Temperature:	Max. 260°C
Other:	

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature:	N/A
Time:	N/A
Other:	

GAS (QW-408)

	Gas(es)	Mixture (%)	Flow Rate (l/min)
Shielding:	ARGON	99.97	12
Backing:	N/A	N/A	N/A
Trailing:			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current:	DIRECT (NON PULSING)
Polarity:	STRAIGHT(GTAW) / REVERSE(SMAW)
Amps: 85-180	Volts: 12-21
Tungsten Electrode Size:	EWTh-2 / Ø 2.4 mm
Other:	

TECHNIQUE (QW-410)

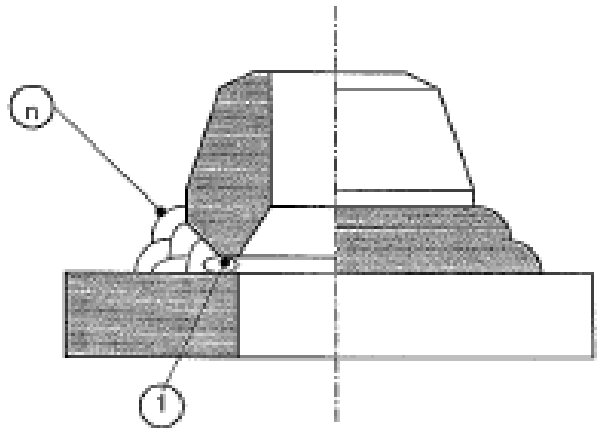
Travel Speed:	5-7 cm/min
String or Weave Bead:	STRING
Oscillation:	N/A
Multipass or Single Pass (per side):	MULTIPASS
Single or Multiple Electrode:	SINGLE
Other:	

ANNEX

TABLE OF OPERATIVE VARIABLES USED IN THE QUALIFICATION

PASS No.	1	2 to n		
PROCESS	GTAW	SMAW		
ELECTRODE (*Classification AWS*)	ER70S-3	E7018		
DIAMETER (mm)	2.4	2.5		
AMPS	100	85-95		
VOLTS	12	20-21		
TRAVEL SPEED (cm/min)	6	6		
WIRE FEED SPEED (m/min)	N/A	N/A		
CURRENT - AC/DC(polarity)	DC(-)	DC(+)		
WIRE STICK-OUT (*for GMAW & SAW*) (mm)	N.A	-		
SHIELDING GAS	ARGON	-		
FOLW RATE (l/min)	12	-		
BACKING GAS	N.A	-		
FLOW RATE (l/min)	N.A	-		
FLUX (*Trade name*)	-	-		
POSITON (Progression) (↑↑ ó ↓↓)	2G	2G & 2F		
TRADE NAME	-	SUPERCITO		

PASS SEQUENCE



OTHER:

Anexo 06: Medidor de Dureza de Materiales

Durómetro Integrado TH130

Rango de medición

Material	HLD	HRB	HRC	HB	HV	HS
Acero y acero fundido	300–900	38.4–99.8	20–68.4	81–654	81.1–955	32.5–99.5
Acero de herramientas	300–840		20.6–67.1		80–898	
Acero inoxidable	300–800	46.5–101.7	19.6–62.4	85–655	85–802	
Fundición de Hierro Gris	360–650			93–334		
Fundición de Hierro Nodular	400–660			131–387		
Fundición de Aluminio	200–570	23.8–84.6		26.8–164		
Latón	200–550	13.5–95.3		40–173		
Bronce	300–700			60–290		
Cobre	200–690			45–315		

- Dispositivo de Impacto tipo D integrado: sin cables!
- Amplio rango de medición en HLD y lectura directa de valores convertidos a escalas de dureza HB, HRB, HRC, HRA, HV y HS
- Para la mayoría de los metales
- Ensayos en cualquier ángulo
- Manejo simple y bajo costo por ensayo
- Impresora opcional TA220S disponible

Especificaciones Técnicas

Dispositivo de impacto	Tipo D, integrado
Escalas de dureza	HLD, HB, HRC, HRA, HV, HS
Exactitud	±6HLD(760 ±30HLD)
Memoria	99 promedios de lecturas
Salida	RS232 a impresora
Rugosidad superficial mínima de la muestra	1.6µm (Ra)
Dureza máxima de la muestra	900HLD
Radio de curvatura mínimo de la muestra (convexa/cóncava)	Rmin = 50mm con anillos de soporte, Rmin=10mm
Peso mínimo de la muestra	2-5 kg sobre soporte estable 0.05-2 kg firmemente acoplada
Espesor mínimo de la muestra	5mm
Espesor mínimo de capas endurecidas	0.8mm
Tiempo de operación	8 h
Alimentación	Baterías Li recargables
Temperatura de operación	0~40° •
Dimensiones	155×24×55mm
Peso	180 g

Provisión estándar

- Unidad principal con Dispositivo de Impacto tipo D integrado 1
- Bloque de calibración con valor HLD 1
- Cargador 1
- Escobilla de limpieza 1
- Certificado de TIME 1
- Manual de Operaciones 1
- Tarjeta de garantía 1
- Maletín de transporte 1

Accesorios opcionales:

- Anillos de soporte
- Impresora TA220S con cable

Anexo 07: Equipo de Inspección por Ultrasonido

SIUI
Shantou Institute of Ultrasonic Instruments Co., Ltd.
Add: 77 Jinsha Road, Shantou, Guangdong 515041, China
Tel: 86-754-88230150 Fax: 86-754-88231499
Http://www.siui.com/adr

Product Data

CTS-9009

Digital Ultrasonic Flaw Detector

INTRODUCTION

- **Compact & Portable**: The whole unit weight (battery included) is approx. 1.15kg, suitable for aloft and field work.
- **Easy to Use**: There are just a few concisely-defined keys, easy to be operated with only one hand.
- **Environmental Protection**: This system is designed based on IP67 standard, suitable for complex industrial flaw detection environment.
- **Super-low Consumption**: The configured Li-polymer battery can support up to 7-hour continuous operation.
- **Strong Performance**: High resolution and penetration, achieving precise flaw detection from thin plates to large forged pieces.
- **Complete Functions**: Cineloop, probe frequency measurement, curved surface correction, RF display, USB storage, amplitude B-scan, AWS D1.1/D1.5, API 5UE evaluation standard.

Specifications and appearance are subject to change without prior notice.
9009PDD1

TOP FEATURES

- Max. sampling rate 240MHz; Measurement resolution 0.1mm.
- Ethernet communication: Achieving real-time communication with a PC and remote control.
- The convenient & useful probe frequency measure function enables the users to know the probe center frequency quickly, resulting in more precise flaw detection evaluation.
- Operating frequency range: 0.5~15MHz, at least 65dB detection sensitivity surplus, highlighting advantages of high sensitivity and broadband.
- 20~500Hz PRF with 10 steps adjustable: avoid reverberation signals during flaw detection.
- Measure crack height by edge peak echo method.
- Acquire B-scan images by amplitude B-scan method.
- Featured with AWS D1.1/D1.5 and API 5UE evaluation standards.
- The gate magnifier function magnifies the echo area within the gate to the whole screen display.
- RF (Radio Frequency) echo display: good to thin-wall material measurement, academic research or qualitative analysis.
- The AGC (auto gain control) function, together with peak echo and image freeze function, help quickly identify the flaw highest echo, enabling efficient flaw detection.
- The AVG curve can make three curves of different equivalent values with one known flat-bottom hole or large flat-bottom echo.
- The DAC curve works with echo compare function, making echo quantification of different distances and amplitudes more convenient.
- The 5.7" color TFT LCD of wide viewing angle, high brightness and high definition delivers every clear detail.
- Up to 7-min dynamic cineloop and 1500-frame review, achieving dynamic scan process recording.
- Three different color schemes can meet the requirements of different application environments and habits.
- Up to 500 sets of curve and waveform can be saved for various workpieces and flaw detection standards.

SPECIFICATIONS

Function	Unit	Specifications
Attenuator Error	dB	Every 12dB ±1dB
Vertical Linearity Error	%	≤3
Dynamic Range	dB	≥30
Detection Sensitivity Surplus	dB	≥65 (with a 2.5Z20N probe)
Far-field Resolution	dB	≥26
Horizontal Linearity Error	%	≤0.5
Noise Level	%	≤10 (1~4MHz)
Operating Frequency Range	MHz	0.5~15, with 3 steps of 1~4 / 0.5~8 / 2~15 selectable
PRF	Hz	10 steps (20~500Hz adjustable but subject to detection range, material velocity, pulse shift, probe delay, etc.)
Thin Plate Resolution	mm	≤3 (with a 5C10N probe)
Detection Range	mm	0 ~ 13000 (Longitudinal wave in steel)
Pulse Shift	mm	-10 ~ 1000 (Longitudinal wave in steel)
Probe Zero	μs	0 ~ 200
Material Velocity	m/s	400 ~ 9999
Damping		Low /High
Reject	%	0 ~ 80
Rectify		Positive, Negative, Full, Filter, RF
Gain Adjustment	dB	0 ~ 110, with steps of 0.5 / 2 / 6 / 12
Ethernet Port		Real-time communication with a PC (Host) and remote control
Probe Frequency Measure		Calculate probe echo frequency with FFT
AWS D1.1/D1.5		Calculate steel structure and bridge welds level based on American Welding Society (AWS) D1.1/D1.5
API 5UE		A quantitative method for calculating flaw depth based on American Petroleum Institute (API) Recommended Practice 5UE
Curved Surface Correction		For depth and horizontal distance correction when testing circular tubes with an angle probe. Correction mode: Inner arc / outer arc
Crack Height Measurement		Measure crack height by edge peak echo method with an angle probe
B Scan		Acquire B-scan images by amplitude B-scan method
Gate Magnifier		Magnify the echo within the gate to the whole echo area
DAC Curve		For making, setting and applying DAC curves
AVG Curve		For making, setting and applying AVG curves
Screenshot		Print the system screen as an image and output to a USB disk
Cineloop		Up to 7-min echo record function

USB Port		Save the system internal data sets to a USB disk via the USB port
Gate		Gate mode: off / positive / negative / positive with alarm / negative with alarm
Storage		500 data sets, including system setup, detection state, echo figures, etc.
Auto Gain		Enabling the echo amplitude within the gate auto adjusted to a designated amplitude Amplitude setup: 40% / 50% / 60% / 70% / 80% / 90% / 100%
Peak Memory		Display waveform envelope
Peak Echo		Record waveforms including the highest echo
Freeze		Freeze screen waveforms
Auto Calibration		For calibrating material velocity and probe delay. Calibration mode: Velocity and Zero / Velocity / Zero
Angle Measurement		Measure probe angle
Display Screen		5.7" high brightness TFT LCD, 320 x 240 pixels
Operating Time	h	≥7
Operating Voltage	V	9~12 DC (external power supply); 6.0~8.4 (battery)
Operating Temperature	℃	-10~40
Weight	kg	Approx. 1.15 (including battery)
Dimension	mm	152 × 240 × 52 (W×H×L)

STANDARD CONFIGURATION

CTS-9009 Digital Ultrasonic Flaw Detector Main Unit
CD-92 Charger
DC-92 Battery
2.5Z20N Normal Probe
BH-50 Standard Echo Probe
BNC- BNC-2m Probe Cable
CD for Computer Communication and Data Processing Software

【Note】: For optional probes and accessories, please refer to *NDT Probes and Accessories*.

Anexo 08: Registrador de Presión y / o Temperatura

Instalación, Uso y Mantenimiento

Registradores Gráficos de Trazo Continuo

SERIE 150	SERIE 160	SERIE 450	SERIE 460	SERIE 650EP	SERIE 950EP	SERIE 960EP

ÍNDICE

1. INSTALACIÓN

2. DATOS TÉCNICOS

3. IDENTIFICACIÓN INSTRUMENTO

4. CONEXIONES

5. DIMENSIONES

6. FUNCIONAMIENTO RELOJES

7. TRANSPORTADORES

8. ESCRITURA

9. REEMPLAZO DIAGRAMA

10. CALIBRACIÓN ELEMENTOS

11. CONEXIONES TARJETA POTENCIOMÉTRICA

En caso de problemas de instalación o de funcionamiento, contactar nuestro Representante local, o nuestro Servicio de Asistencia Técnica.

OMC s.r.l. - Via Galileo Galilei, 18 - 20060
Cassina de Pecchi (MI) - ITALY

Tel.: (+39) 02.95.28.468 - Fax: (+39) 02.95.21.495 - info@omcsrl.com

1. INSTALACIÓN

Los instrumentos están provistos de cuatro columnitas estándar para su instalación inmediata bien sea empotrados o de pared. Sobre pedido se entrega un estribo de montaje para tubo de 2" (vertical u horizontal).

Nota: hay que tener particular atención al escoger el lugar para la instalación de los instrumentos, pues hay que evitar que los equipos sufran vibraciones o se encuentren expuestos a vapores corrosivos, humedad, o temperatura ambiente que superen los límites permitidos.

1.1 Instalación empotrada

La instalación empotrada se hace introduciendo la caja en una abertura hecha en la lámina del panel, y fijándola con las 4 columnitas y sus correspondientes plaquetas de contacto (vedi Fig. 1.1).

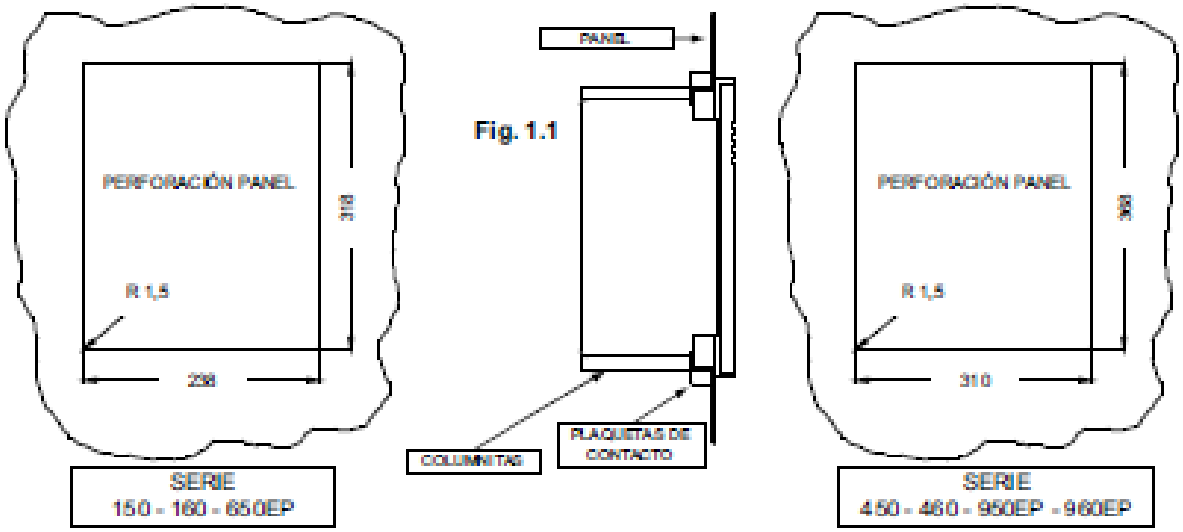


Fig. 1.1

1.2 INSTALACIÓN DE PARED

Para la instalación de pared hay que instalar primero dos perfiles en hierro provistos de grapas de fijación para pared. Fijar la caja con cuatro tornillos pasadores M6, que se atornillarán a los orificios fileteados de las columnitas de montaje (ver Fig. 1.2).

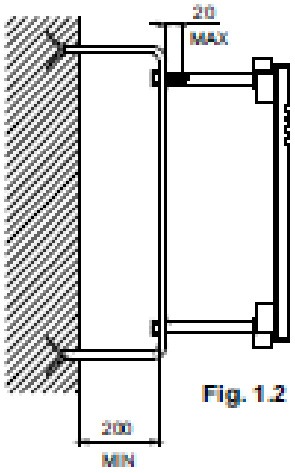


Fig. 1.2

2. DATOS TÉCNICOS

Cuerpo y cubierta	En aluminio fundido a presión, pintura anticorrosiva
Grado de protección	IP54
Instalación	de pared o empotrado
Límite de precisión max.	≤ 1%
Histéresis	≤ 0.5%
Linealidad	≤ 0.5%
Repetibilidad	≤ 0.5%
Límite temperatura ambiente	-20....+ 80 °C

SERIE 150 - 650EP	
Diámetro diagrama	200mm
Amplitud de Registro	76mm
Rotación Diagrama	1 revolución / 24 horas (std)
Alimentación reloj	Carga Mecánica o Pila1,5V
Peso	~6 Kg

SERIE 450 - 950EP	
Diámetro diagramma	240mm
Amplitud de Registro	100mm
Rotación Diagrama	1 revolución / 24 horas (std)
Alimentación Reloj	Carga Mecánica o Pila 1,5V
Peso	~9 Kg

SERIE 160	
Ancho Diagrama	120mm
Amplitud de Registro	100mm
Avance Diagrama	20mm / hora (std)
Alimentac. transportador	Carga Mecánica ó 24 V 50Hz
Peso	~6 Kg

SERIE 460 - 960EP	
Ancho Diagrama	120mm
Amplitud de Registro	100mm
Avance Diagrama	20mm / hora (std)
Alimentac. transportador	Carga Mecánica ó 24 V 50Hz
Peso	~9 Kg

SÓLO SERIE 950EP - 960EP			
Alimentación eléctrica	24V 50Hz. (110/220V Optional)		
Consumo energía	1 VA		
Señales de entrada	4÷20mA 0÷20mA 1÷5V	T.C.(mV).	PT100 -100÷400°C Rango: 50°C min e 200°C máx.
Desviación de cero por variac. temper. ambiente entre 0°C y 60°C	< 0,15% / 10°C		

3. IDENTIFICACIÓN INSTRUMENTO

En una plaqueta colocada en el interior, aparecen los datos necesarios para la identificación del instrumento (modelo, matrícula, alimentación, elementos, escalas, etc.)

4. CONEXIONES

Todas las conexiones se encuentran en la parte posterior del instrumento. Las etiquetas de colores ubicadas cerca de las tomas, identifican el elemento de medición y sus correspondientes plumillas.

CONEXIONES ELEMENTOS DE MEDICIÓN	ELEMENTO DE PRESIÓN	CONEXIÓN FILETEADA 1/2"GAS M (std)
	ELEMENTO DE TEMPERATURA	CAPILARE 2m CONEXIÓN 3/4"GAS M (std)
	ELEMENTO RECEPTOR	EMPALME PARA TUBO 4×5mm
CONEXIONES ELÉCTRICAS	SUJETACABLES EXTERNO, BORNE Y POLO A TIERRA INTERNOS	

5. DIMENSIONES

SERIE 150 - 160 - 650EP

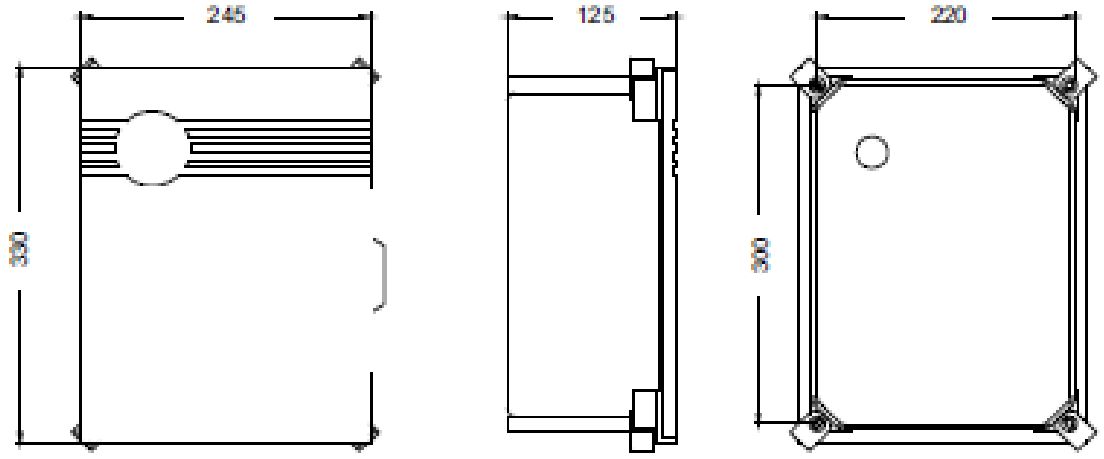
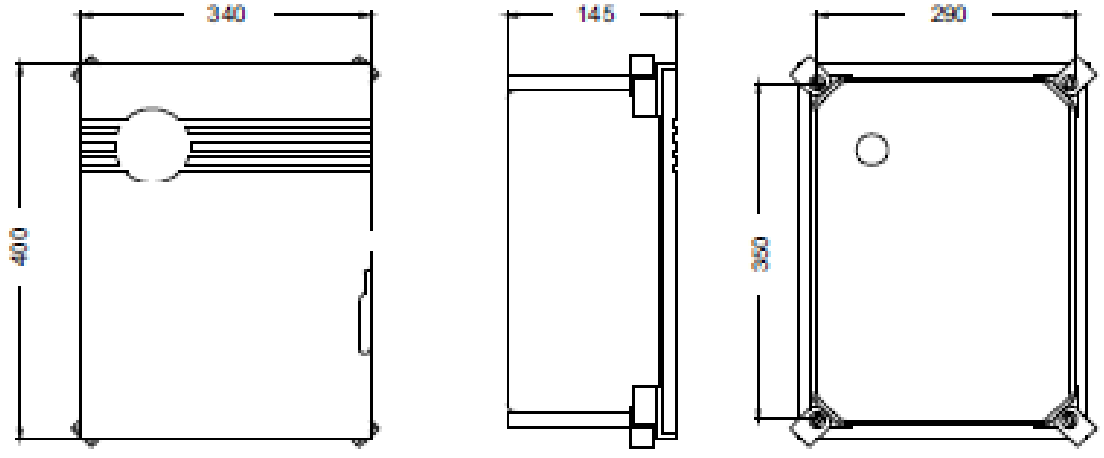


Fig. 5

SERIE 450 - 460 - 950EP - 960EP



6. FUNCIONAMIENTO RELOJES (Fig. 6)
(REGISTRADORES CIRCULARES)

6.1 Reloj eléctrico.

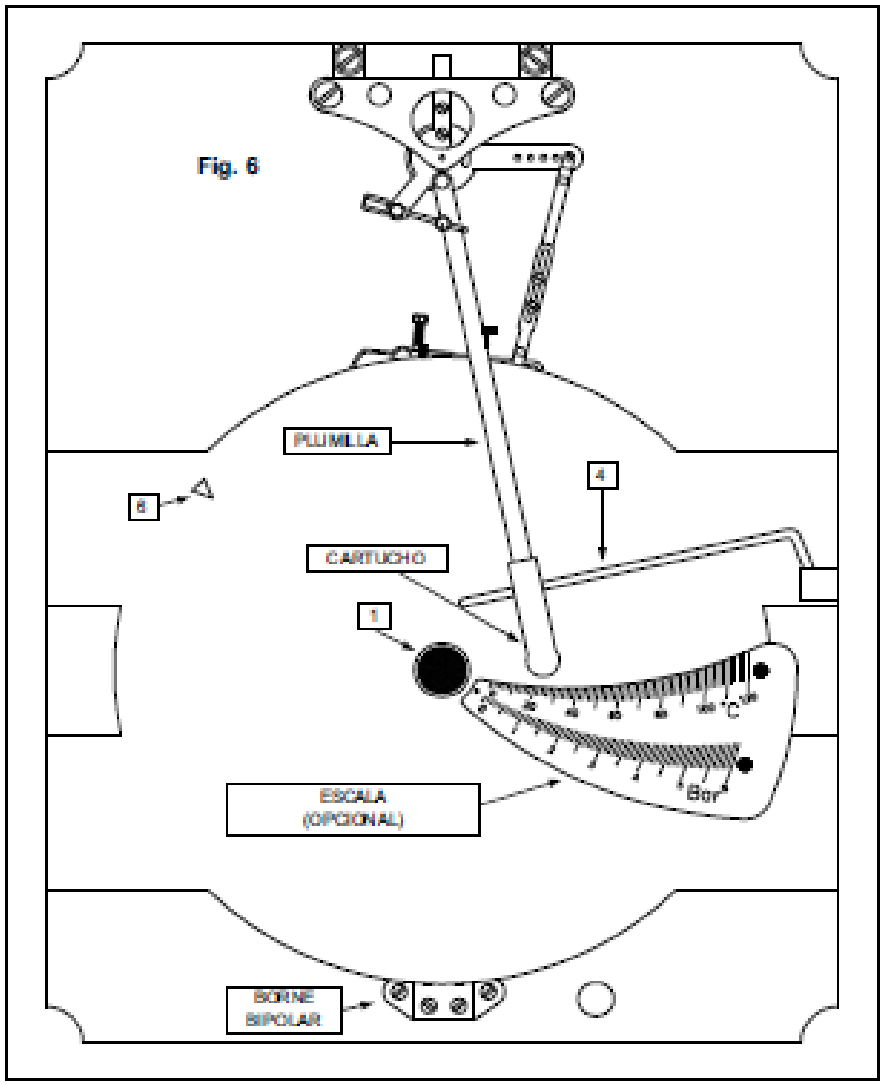
Introducir los cables de alimentación por la parte posterior del instrumento, haciéndolos pasar por el sujetacables. Conectar los cables al borne bipolar situado al interior del instrumento.

6.2 Reloj de carga mecánica.

Girar el piñón "1" en sentido antihorario, hasta completar la carga.

6.3 Reloj de pila.

Extraer el disco gráfico, introducir la pila de 1.5V.



7. TRANSPORTADORES

7.1 Trasportador eléctrico (ver Fig. 7.1).

Introducir los cables de alimentación por la parte posterior del instrumento, haciéndolos pasar por el sujetacables. Conectar los cables al borne bipolar ubicado al interior del instrumento. Conectar el Cable de conexión a Tierra al tornillo correspondiente. Encender la cinta transportadora a través del interruptor.

7.2 Trasportador de carga mecánica (ver Fig. 7.2).

Llevar la palanca (1) en posición de "BLOQUEO". Girar la palanca de carga (2) de abajo hacia arriba, y regresarla a su posición original. Repetir la operación hasta completar la carga del transportador. Llevar la palanca (1) en posición de "ARRANQUE".

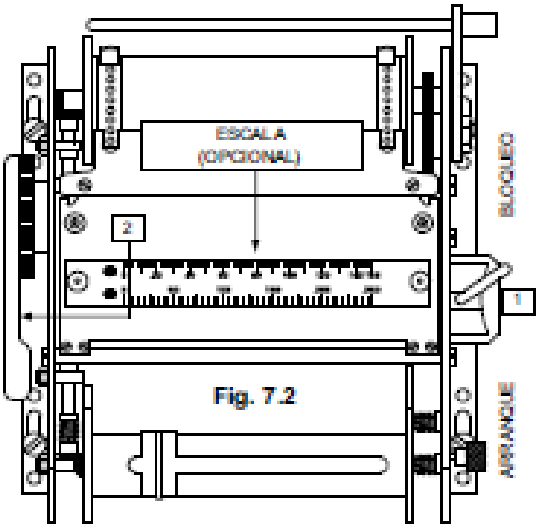


Fig. 7.2

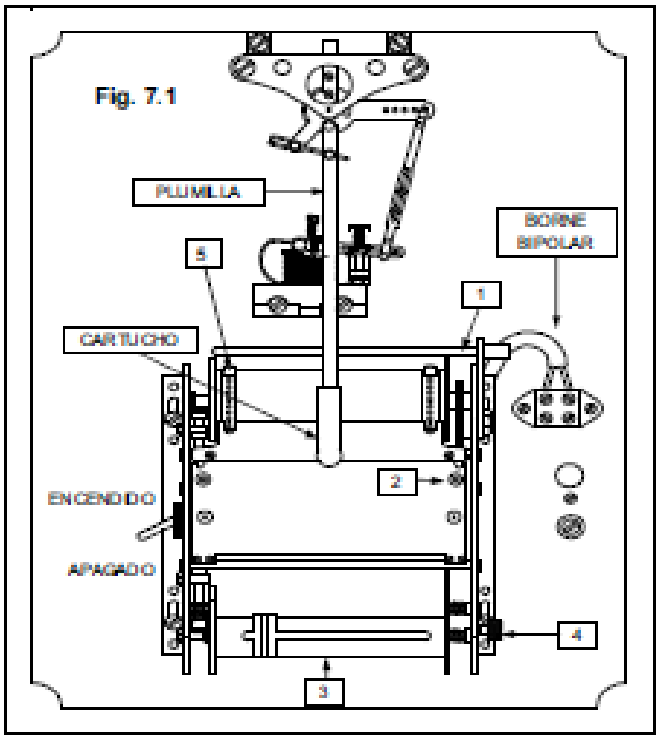


Fig. 7.1

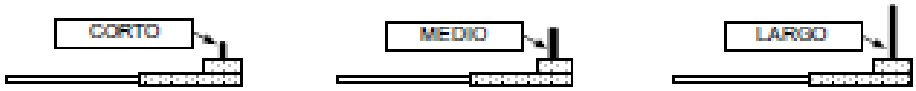
TIPO DE REGISTRADOR	COLORES		
	PRIMERA PLUMILLA	SEGUNDA PLUMILLA	TERCERA PLUMILLA
UNA PLUMILLA	AZUL CORTO	-	-
DOS PLUMILLAS	ROJO CORTO	AZUL MEDIANO	-
TRES PLUMILLAS	ROJO CORTO	AZUL MEDIANO	VERDE LARGO

8.2 Reemplazo cartuchos de escritura.

Si la escritura resulta defectuosa, habrá que proceder a reemplazar el cartucho procediendo de la siguiente manera:

A) Sostener firmemente la plumilla y extraer el cartucho que debe reemplazarse halándolo hacia abajo.

B) Instalar un cartucho nuevo del mismo color y de la misma longitud.



9. REEMPLAZO DIAGRAMA

(ver Fig. 7.1)

A) Parar la cinta transportadora.

B) Levantar el levantapluma (1) y los pisapapel (5).

C) Halar los pernos de cierre (2) y llevar la parte móvil en posición de apertura.

D) Desatornillar el tornillo acanalado (4).

E) Desplazar el rodillo (3) hacia la derecha y extraerlo.

F) Extraer el soporte de cartón de la bobina vacía.

G) Colocar el nuevo rollo gráfico como se indica en la Fig.9.

H) Introducir el extremo del rollo gráfico en la lengüeta especial del rodillo (3).

G) Controlar que los orificios de arrastre del papel gráfico estén debidamente alojados en los pernos del rodillo transportador.

L) Templar el papel gráfico girando hacia abajo el rodillo (3), y volver a apretar el tornillo (4).

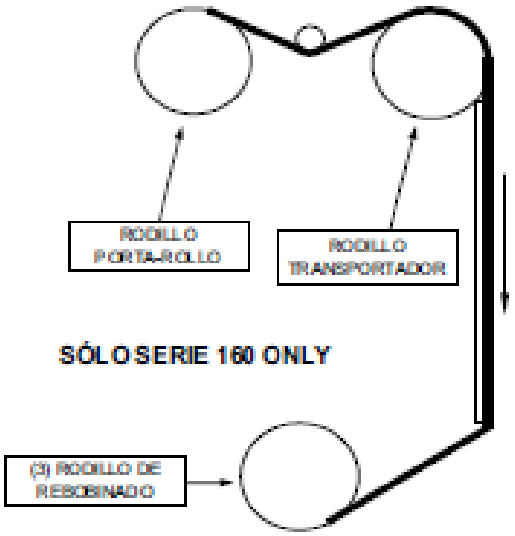
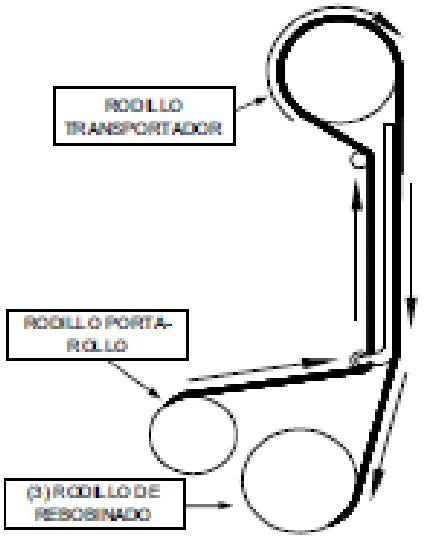


Fig. 8



10. CALIBRACIÓN ELEMENTOS

10.1 Calibración elemento Receptor 3÷15 psi (ver Fig. 10.1).

A) Desconectar el tirante en el punto 1 y enviar una presión al receptor equivalente a 9 psi.

B) Actuar sobre el tornillo (2), llevando en posición horizontal el brazo motor (3).

C) Reconectar el tirante en el punto (1).

D) Reducir la presión que llega al receptor hasta 3 psi.

E) Aflojar los tornillos (4) y haciendo deslizar el tirante, llevar la punta de escritura en el 0% de la escala.

F) Enviar al receptor una presión equivalente a 9 psi.

G) Verificar el desplazamiento de la punta de escritura con respecto al 50% de la escala:

- si resulta inferior al 10%, aflojar los tornillos (5) y desplazar la plaqueta hasta corregir la diferencia;
- si resulta superior al 10%, desplazar el alojamiento del tirante al punto (6).

H) Enviar al receptor una presión equivalente a 15 psi y verificar el desplazamiento con respecto al 100% de la escala.

I) Repetir la regulación (del punto D al punto H), hasta lograr la calibración.

L) Para corregir diferencias muy pequeñas, actuar sobre el tornillo (7).

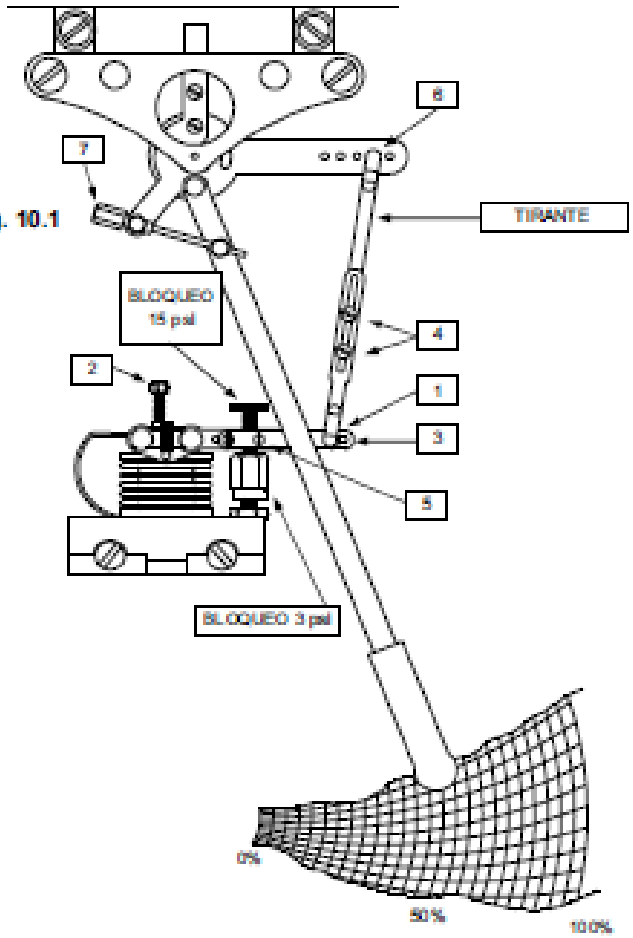


Fig. 10.1

10.2 Calibración elemento Termométrico

(ver Fig. 10.2).

A) Desconectar el tirante en el punto 1 y llevar el elemento a una temperatura igual al 50% de la escala del instrumento.

B) Actuar sobre los tornillos (2), llevando en posición horizontal el brazo motor (3).

C) Reconectar el tirante en el punto (1).

D) Reducir la temperatura del elemento llevándola al 0% de la escala.

E) Aflojar los tornillos (4), y haciendo deslizar el tirante, llevar la punta de escritura al 0% del diagrama.

F) Llevar el elemento a una temperatura igual al 50% de la escala del instrumento.

G) Verificar el desplazamiento de la punta de escritura con respecto al 50% del diagrama:

- si resulta inferior al 10%, aflojar los tornillos (5) y desplazar la plaqueta corrigiendo la diferencia.
- si resulta superior al 10%, desplazar el alojamiento del tirante al punto 6.

H) Llevar el elemento a una temperatura igual al 100% de la escala del instrumento, y verificar el desplazamiento con respecto al 100% del diagrama.

I) Repetir la regulación (del punto D al punto H), hasta lograr la calibración.

L) Para corregir diferencias muy pequeñas, actuar sobre el tornillo (7).

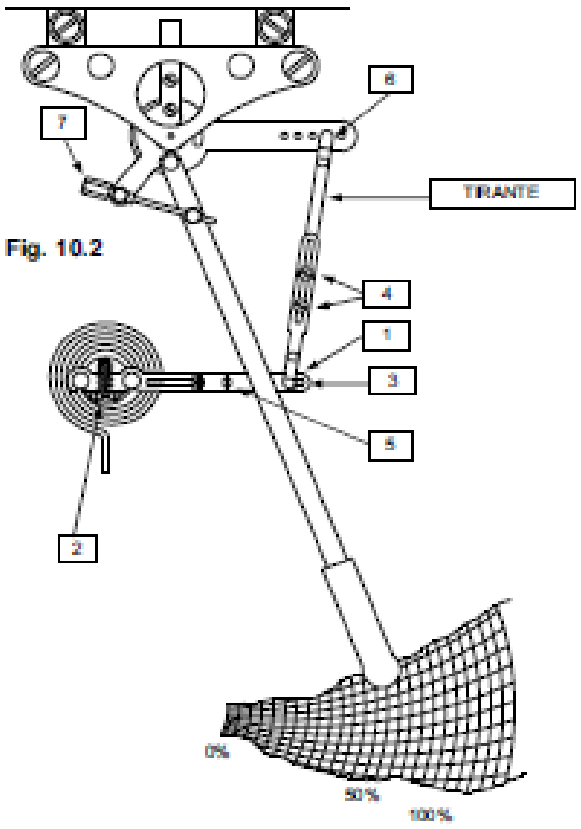
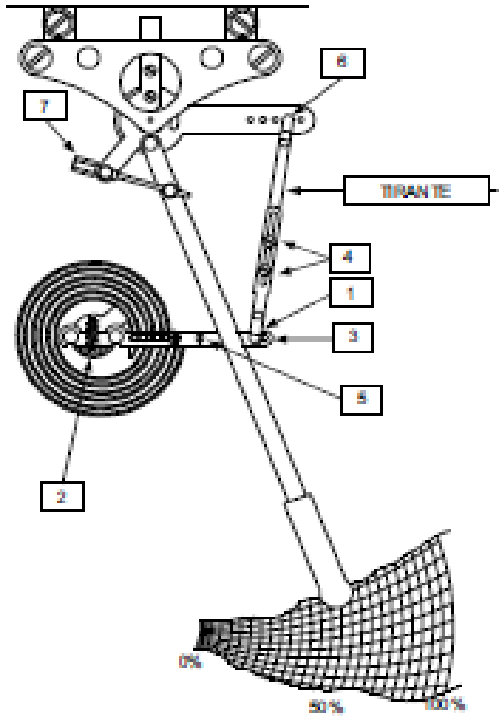


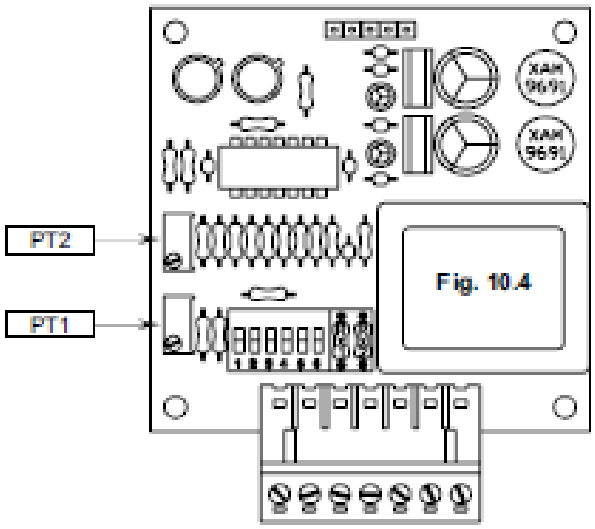
Fig. 10.2

10.3 Calibración elemento Manométrico
(ver Fig. 10.3).
A) Desconectar el tirante en el punto (1) y aplicar al muelle manométrico una presión igual al 50% de la escala.
B) Actuar sobre los tornillos (2) llevando en posición horizontal el brazo motor (3).
C) Reconectar el tirante en el punto (1).
D) Reducir la presión en el resorte llevándola al 0% de la escala.
E) Aflojar los tornillos (4), y deslizando el tirante, llevar la punta de escritura al 0% del diagrama.
F) Aplicar al resorte manométrico una presión igual al 50% de la escala.
G) Verificar el desplazamiento de la punta de escritura con respecto al 50% del diagrama:
- si resulta inferior al 10%, aflojar los tornillos (5) y desplazar la plaqueta corrigiendo la diferencia;
- si resulta superior al 10%, desplazar el alojamiento del tirante al punto 6.
H) Aplicar al muelle manométrico una presión igual al 100% de la escala y verificar el desplazamiento con respecto al 100% del diagrama.
I) Repetir la regulación (del punto D al punto H), hasta lograr la calibración.
L) Para corregir diferencias muy pequeñas, actuar sobre el resorte (7).

10.4 Calibración Tarjeta Potenziométrica
(ver Fig. 10.4).
A. Simular una señal de entrada igual al 0% de la escala del instrumento.
B. Actuar sopre el tornillo del trimmer PT1 y llevar la punta de escritura en el 0% del diagrama.
C. Simular una señal de entrada igual al 100% de la escala del instrumento.
D. Actuar sobre el tornillo del trimmer PT2 y llevar la punta de escritura al 100% del diagrama.

Fig. 10.3





Anexo 09: Balanza de Peso Muerto

PRESSURE MEASUREMENT

Deadweight Gauges & Testers
PORTABLE SERIES

- Portable — in lightweight, all metal cases
- Accurate — 0.1% of indicated pressure, traceable to the National Bureau of Standards (NBS). 0.05%, 0.02% available– see page P19
- Reliable — hardened stainless steel pistons and corrosion resistant materials
- Metric (SI) or US Customary Units calibration
- Certificate of Calibration, optionally available
- Gas or liquid pressure measurement
- Stock delivery, repair service, and spare parts available

The Portable Series of Deadweight Gauges and Testers cover the pressure range from 5 psi to 20,000 psi or in metric units from 100 kPa to 101 100 kPa. They are designed to be used in industrial or research applications where extremely accurate pressure measurement or pressure calibration is required. More specifically, they are usually used for accurate checking of gas or liquid pressures in pipelines or industrial plants.

HIGH ACCURACY

Deadweight Gauges blend ruggedness with high accuracy. Variations over time typical of strain gauges or spring gauges are eliminated. Their operation depends only on balancing known weights against the force exerted by an unknown pressure acting on a piston of precisely known area. The weights are applied manually until the piston is floating with no net vertical movement. Each piston's area is determined by comparison against a piston of known area traceable to the National Bureau of Standards. The mass of the balancing weights is also traceable to NBS.

HIGH SENSITIVITY

When the weights are applied to the piston, the entire assembly is rotated slowly. This rotation minimizes frictional effects and permits vertical motion of the piston with extremely small variations in pressure. Measurements to 1/10 psi (1 kPa) can be made.

DEADWEIGHT GAUGES

Gauges are used to measure the pressure exerted by a gas or liquid and cannot generate a test pressure. They are accurate to 0.1% of indicated pressure. This is a significant improvement over gauges that are accurate to 0.1% of full scale. Their portability means that they can be conveniently used to check line pressure, gas pressures at well head, static pressures on orifice meters, and to measure pressures in many other industrial applications. They have been used for turbine testing in power generation plants.

Photograph Courtesy of Coastal Corporation

The 5-125 and 5-170 have an electric motor for rotating the weights to minimize friction. These gauges are manufactured for use on 115V, 60 Hz power or on 220V, 50 Hz power.

DEADWEIGHT TESTERS

Testers can be used as gauges and additionally have a manually controlled pump which can generate the pressure needed to calibrate spring gauges or strain gauges. Valves are included which permit rapid, convenient switching between functions. Each tester has an integral oil reservoir to provide the pressure medium needed for calibrating purposes. This also permits testing of small pressure vessels.

SPECIFICATIONS

Shipping Weight	23 kg (50 lb) to 115 kg (250 lb) depending on pressure range of model ordered
Size	Series 15, 23: 480 x 150 x 330 mm (19" x 6" x 13") Series 5, 2: 530 x 200 x 360 mm (22" x 8" x 14") Series 55: 530 x 360 x 450 mm (22" x 14" x 18")
Maximum Pressure	Up to 101 100 kPa (or 20,000 psi)
Minimum Pressure	5 or 50 psi depending on range (see Ordering Information, page P 20)

Accuracy	0.1% of indicated pressure
Certificate of Calibration	Available upon request. Accuracy 0.05%. Special 0.02% Certificate available upon request. See page 19
Calibration Temperature	25° C (77°F). Calibration based on standard gravity of 980.665 cm/sec.^{2}
Calibration Meets	MIL-C-45662A
Temperature Limit	4 to 50° C (40 to 120°F)
Humidity	0 to 95% RH
Vibration	Small amplitude, high frequency only
Environment	Minimize dust and corrosive atmosphere
Motor Driven Weight Spinner	See Models 5-125 and 5-170
Piston Material	Hardened stainless steel
Pressure Tubing Material	Stainless steel
Weight Materials	Brass or stainless steel
Smallest Weight Supplied	See Ordering Information
Fill Fluid	Mineral oil, standard (P -1169 synthetic fluid optional for special requirements)
Oil Flash Point	232°C (450°F)
Input Connector	1/4" NPT
Seal Material	Buna-N
Carrying Case	Metal case with handles. The Series 5 and 55 instruments have separate cases for weights.

ALL DATA AND SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

PRINCIPLE OF OPERATION

The unknown liquid or gas pressure is measured by connecting the gauge to the unknown and then balancing the force that the unknown exerts against a piston with a known area. Weights are applied manually as the vertical movement of the piston is observed while rotating. When no net vertical piston motion is seen, the pressure is determined by counting the calibrated weights used and adding the fixed weight.

Before using the instrument, the base must be level. A spirit level is permanently mounted on the base plate for this purpose. Operators quickly learn to make repeatable accurate measurements.

Gauge Series 5

Gauge Series 15

Tester Series 2

Tester Series 23

Tester Series 55

To order, see pages P19, P20 and P21.

PRESSURE MEASUREMENT

Anexo 10: Equipo de Medición de Perfil de Anclaje

twilight sa de cv

Calzada del Valle 400, Ote. Oficina No.1205
Moll del Valle, Garza Garcia, N.L. C.P. 66220
Tel. (81) 8115-1400, Fax. (81) 8676-2449.
e-mail: twilight@twilight.com.mx

TESTEX

ANALIZADOR DE PERFIL DE SUPERFICIE

twilight sa de cv

twilight sa de cv

Calzada del Valle 400, Ote. Oficina No.1205
Mall del Valle, Garza García, N.L. C.P. 66220
Tel. (81) 8115-1400, Fax. (81) 8676-2449.
e-mail: twilight@twilight.com.mx

Las superficies metálicas son limpiadas generalmente por el método de impacto abrasivo antes de aplicar costosas capas protectoras. Para lograr que estas capas tengan una eficacia y una vida útil aceptables, las superficies resultantes deben presentar ciertos perfiles de rugosidad preestablecidos. Desafortunadamente, cuando se realizan mediciones con técnicas convencionales, es por lo general imposible fijar o acceder a los perfiles superficiales.

Testex
twilight sa de cv

La ***cinta duplicadora Press-O-Film*** es la solución.

Esta técnica exclusiva de duplicación, combinada con un sencillo calibre micrométrico a presión, permite obtener mediciones precisas, y de bajo costo, de perfiles de superficies desgastadas por abrasión.

"Press-O-Film" facilita la obtención de réplicas de superficies y produce lecturas promedio del máximo de cresta-a-valle que aseguran una eficacia óptima para el proceso de abrasión. Las réplicas pueden ser guardadas para usarlas en el futuro como referencia.

La precisión de las mediciones realizadas con "Press-O-Film" resulta del uso de una película innovadora, de dos niveles, que permite producir copias virtualmente exactas de superficies desgastadas por abrasión. Esta película puede obtenerse en espesores que cubren la gama de perfiles de desgaste más comunes en la industria, y que se extienden desde los 20 µm hasta los 115 µm.

INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LA CINTA DUPLICADORA PRESS-O-FILM Y DEL CALIBRE MÉTRICO TESTEX PARA DETERMINAR EL PERFIL DE UNA SUPERFICIE DESGASTADA POR ABRASIÓN

Paso 1: Seleccione un lugar representativo donde realizar la medición

Paso 2: Escoja el tipo adecuado de cinta duplicadora "Press-O-Film":
- entre 20 y 50 µm, use "Grueso" ("0,8 a 2,0 mil")
- entre 40 y 115 µm, use "Extra Grueso" ("1,5 a 4,5 mil") . Vea la nota más abajo.

Paso 3: Prepare el calibre a presión: limpie los yunques, y ajuste el cero para leer 150 µm, esto es menos 50 µm, que es el espesor del sustrato incomprimible. (Este procedimiento resta automáticamente de todas lecturas el espesor del sustrato plástico.)

Paso 4: Remueva un único trozo de papel impreso con adhesivo en el reverso, separándolo del papel en el que viene montado. La cinta duplicadora es la película blanca de 1 cm cuadrado que se encuentra en el centro del papel con adhesivo en el reverso. La muestra de cinta duplicadora permanecerá adherida al papel impreso.

Paso 5: Con el calibre, verifique el espesor de la película. El espesor de la película puede variar y los límites máximos de los perfiles no pueden exceder el espesor de la capa de revestimiento de la película. Cuando se realiza una medición, se debe liberar el calibre con suavidad.

Paso 6: Aplique la película a la superficie desgastada .

Paso 7: Aplicando una presión moderada, frote la herramienta de pulir sobre la porción redonda, recortada, de la cinta duplicadora. Durante el proceso de duplicación de la superficie, la cinta duplicadora se pondrá más oscura. Cerciórese que toda el área circular se haya oscurecido uniformemente.

Paso 8: Remueva la réplica y colóquela entre los yunques del calibre a presión, cerciorándose que la copia quede centrada entre los yunques. La lectura del calibre indica la altura máxima de cresta-a-valle de la superficie desgastada por abrasión (cuando el calibre a presión ha sido ajustado como se indicó en el paso 3)

Nota: Para perfiles de más de 115 µm, se puede usar el grado Extra Grueso con el paso adicional siguiente. Siga los pasos 1 a 5, como se indica más arriba, anotando el espesor de la cinta no frotada. Para medir perfiles de hasta 135 µm se puede usar cintas que midan por lo menos 150 µm. Continúe con los pasos 6 a 8.