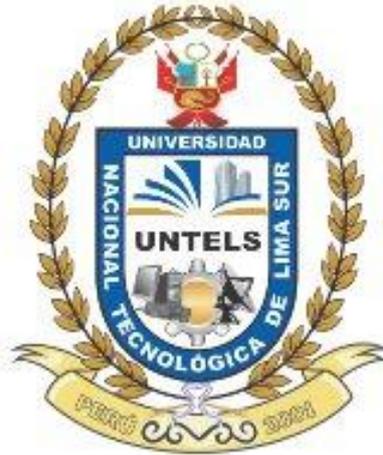


UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y
AMBIENTAL**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**“PROPUESTA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS SOBRE TUBOS
ALEADOS ASTM A335-P5 PARA SER UTILIZADO EN EL PROYECTO
DE MODERNIZACIÓN DE LA REFINERÍA TALARA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

PALOMINO CÁCERES JOSÉ ANTONIO

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo mis padres y hermanos y a todas aquellas personas que formaron parte de mi vida universitaria y que han hecho posible que pueda desarrollarme y culminar con éxito mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y mis maestros de la UNTELS por sus sabios consejos y aliento incondicional para obtener mi título profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	13
1.2. Justificación del Problema.....	14
1.3. Delimitación del Proyecto.....	15
1.3.1. Espacial.....	15
1.3.2. Temporal.....	15
1.4. Formulación del Problema.....	15
1.5. Objetivos.....	16
1.5.1. Objetivo General.....	16
1.5.2. Objetivos Específicos.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	17
2.2 Bases Teóricas.....	21
2.2.1 Ensayos no destructivos.....	21
2.2.1.1 Objetivos de los ensayos no destructivos.....	22
2.2.1.2 Tipos de Pruebas.....	24
2.2.1.3 Características de los materiales.....	35
2.2.1.4 Calificación y niveles.....	38
2.2.1.5 Inspección visual.....	41
2.2.1.6 Aplicaciones.....	43
2.2.2 Normas ASTM A335-P5.....	44
2.2.2.1 Tubos de calderas de alta presión.....	44
2.2.2.2 Tubos aleados en alta temperatura.....	47
2.2.3 Aceros aleados.....	51
2.2.3.1 Aleaciones Hierro – Carbono.....	51
2.3 Marco Conceptual.....	59

CAPÍTULO III: DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 Descripción de la propuesta del plan de ensayos no destructivos.....	65
3.1.1 Procedimiento del plan de ensayo.....	70
3.1.1.1 Plan de ensayo PMI.....	70
3.1.1.2 Plan de ensayo PHT.....	84
3.1.1.3 Plan de ensayo PWHT.....	101
3.1.1.4 Plan de ensayo HTA.....	117
3.2 Matriz de Ensayo.....	134
3.3 Revisión y Consolidación de resultados – END.....	140
3.3.1 En el ensayo HTA.....	140
3.3.2 En el ensayo PHT.....	143
3.3.3 En el ensayo PWHT.....	145
3.3.4 En el ensayo PMI.....	148
CONCLUSIONES.....	151
RECOMENDACIONES.....	152
BIBLIOGRAFÍA.....	153

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Líquidos penetrantes.
- Figura N° 02: Tuberías aleadas ASTM A335-p5.
- Figura N° 03: Diagrama de equilibrio de fases sistema.
- Figura N° 04: Micrografía a 1000x fe + 0.8% c ferrita + cementita globular.
- Figura N° 05: Micrografía a 1000X FE + 0,8% C.
- Figura N° 06: Isométrico 02070-DV3-PNG-P-01212-50
- Figura N° 07: Isométrico 02070-DV3-PNG-ISO-P-00209-01 (736).
- Figura N° 08: Isométrico 02070-DV3-PNG-ISO-P-00402-14 (763).
- Figura N° 09: Isométrico 02070-DV3-PNG-ISO-P-02011-03 (1609).
- Figura N° 10: Ancho de cordón de soldadura y diámetro de tuberías para cálculo del ancho de banda.
- Figura N°11: Instalación de resistencia eléctrica y aislante térmico para pre calentamiento, según el cálculo del ancho de banda.
- Figura N° 12: Instalación de cable termocuplas para tratamiento térmico pre y post soldadura.
- Figura N° 13: Ciclo Térmico.
- Figura N° 14: Instalación de resistencias eléctricas y aislante térmico para post calentamiento, según el cálculo de ancho de banda.
- Figura N° 15: Zonas de toma de dureza.
- Figura N° 16: Tomas de Dureza por zona.
- Figura N° 17: Área de ensayo según diámetro de tubería.
- Figura N° 18: Plan de Ensayo PMI
- Figura N° 19: Plan de Ensayo PHT

Figura N° 20: Plan de Ensayo PWHT

Figura N° 21: Plan de Ensayo de Dureza.

Figura N° 22: Registro de uso de termocuplas en el ensayo PHT

Figura N° 23: Registro de uso de termocuplas en el ensayo PWHT

LISTADO DE TABLAS

- Tabla N° 01: Composición química (%) para el grado principal.
- Tabla N° 02: Propiedades mecánicas.
- Tabla N° 03: Requisitos tratamiento térmico.
- Tabla N° 04: Requisitos del alargamiento.
- Tabla N° 05: Identificación de elementos.
- Tabla N° 06: Características de Clave de Baja Tensión
- Tabla N° 07: Características de Equipo de Soldadura
- Tabla N° 08: Determinación del ancho de banda.
- Tabla N° 09: Ancho de banda a emplear.
- Tabla N° 10: Temperatura de Pre calentamiento.
- Tabla N° 11: Identificación de peligros y riesgos.
- Tabla N° 12: TC de control a emplear.
- Tabla N° 13: Características de cable de baja tensión.
- Tabla N° 14: Características de equipo de soldadura.
- Tabla N° 15: Temperatura y tiempos de mantenimiento.
- Tabla N° 16: Identificación de peligros y riesgos asociados.
- Tabla N° 17: Requerimiento de dureza en componentes de tubería soldados.
- Tabla N° 18: Requerimiento de dureza, según material especificado
- Tabla N° 19: Descripción del ensayo HTA
- Tabla N° 20: Resultado del ensayo HTA
- Tabla N° 21: Descripción de ensayo PHT
- Tabla N° 22: Resultado del procedimiento de tratamiento térmico HTA
- Tabla N° 23: Descripción de Ensayo PWHT

Tabla N° 24: Resultado del procedimiento de Tratamiento Térmico PWHT.

Tabla N° 25: Descripción de ensayo PMI

Tabla N° 26: Hoja Técnica – Requerimiento según ASME II

INTRODUCCIÓN

Los ensayos no destructivos (END) aparecen como una expresión de la actividad inteligente del hombre en sus primeros deseos de dominar y transformar la naturaleza. Los ensayos no destructivos son exámenes o pruebas que son utilizados para detectar discontinuidades internas y/o superficiales o para determinar propiedades selectas en materiales, soldaduras, partes y componentes; usando técnicas que no alteran el estado físico o constitución química, dañen o destruyan los mismos. Dentro de los ensayos no destructivos está incluida la inspección por radiografía, inspección por partículas magnéticas, inspección por líquidos penetrantes, inspección visual y también inspección por ultrasonido.

El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes en partes fabricadas. La falla es el daño de una pieza que no le permite continuar en servicio, causando la sustitución prematura de los componentes. Refiriéndome a prematuro por la sustitución de la pieza antes de haber alcanzado su vida útil especificada en el diseño. La falla de los materiales puede producirse por defectos de fabricación, errores de operación o inadecuada selección de materiales.

Los ensayos no destructivos son regulados por Comités, Sociedades y Organizaciones como el Comité Internacional para Ensayos No Destructivos (ICNDT), la Sociedad Americana para Ensayos No Destructivos (ICNDT), la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), la Organización

Internacional de Normas (ISO) y la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME).

La norma ASME A335 es una especificación de la norma ASME que cubre los tubos de aleación de acero ferrítico sin fisuras para servicio de alta temperatura. El material de acero se ajustará a la composición química, propiedades a la tracción, y los requisitos de dureza. Además, cada tubo debe ser examinado por un método de examen no destructivo de conformidad con las prácticas requeridas.

La Refinería de Talara es una refinería de petróleo ubicada en Talara- Perú, bajo la administración de la estatal Petroperú. Es la primera refinería de crudo del país y tiene una capacidad para refinar 65.000 barriles diarios de petróleo. La refinería trabaja con el petróleo extraído en la costa y mar de Talara.

Su construcción se inicia a inicios del siglo XX. El 29 de mayo de 2014, Petroperú aprueba la suscripción del contrato para la ejecución del proyecto de modernización con la empresa de ingeniería Técnicas Reunidas de España. El 29 de mayo, se inició las obras de la modernización de la refinería, cuyo costo de la modernización se calcula en US\$3.500 millones, del cual el 78% será financiado por Petroperú y el 22% por la empresa privada. Se espera reducir el contenido de azufre de 1.700 partes por millón (ppm) a 50 (ppm) y el incremento de la refinación de petróleo de 60 mil a 90 mil barriles por días.

Como parte del Proyecto de Modernización de la Refinería de Talara, la empresa Técnicas Metálicas, empresa en la cual laboro, es la encargada de fabricar estructuras de tubos aleados bajo la norma ASTM 335 - P5, motivo por el cual es de mucha importancia garantizar la calidad de cada componente a través de ensayos no destructivos. Motivo por el cual he dividido mi proyecto de Ingeniería en 3 capítulos.

En el Capítulo I, describo el planteamiento del problema, que está basado en las diversas situaciones o eventos en los cuales se produjo fallas o daños de una pieza en plena operación de montaje, siendo las causas principales la carencia de ensayos o pruebas de calidad.

En el Capítulo II, describo el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, referente a los ensayos no destructivos y los procedimientos aplicados particularmente sobre los tubos aleados ASTM A335-P5.

Finalmente en el Capítulo III, desarrollo la propuesta de solución, realizando inicialmente una descripción de la propuesta del plan de ensayos no destructivos sobre tubos aleados ATM ASTM 335-P5 y finalmente presento una revisión y consolidación de resultados basados en los ensayos y en la matriz de ensayo aplicado a los tubos aleados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La construcción de la nueva Refinería Talara, el más grande proyecto energético que se viene ejecutando en el país, a la fecha presenta un avance de 43,4%, y entre las principales actividades que aportan a este progreso se encuentran la instalación de 13,200 pilotes, el vaciado 60,000 m³ de concreto, 22,000 toneladas de estructuras metálicas en obra y la instalación de 26 equipos de proceso. Se prevé un incremento en la participación del personal del rubro metal mecánico a medida que se desarrollen los trabajos de montaje de estructuras, equipos y tubería.

Esto implica que empresas como Técnicas Metálicas sean contratadas para la fabricación de estructuras de tubos aleados ASTM A355-P5, que formaran parte de la infraestructura de este proyecto de modernización de

la Refinería de Talara, y que por ninguna razón deben evidenciar fallas o daños en plena operación de montaje en campo, ya que las consecuencias de esto serían pérdidas económicas debido a penalidades impuestas por la empresa contratante, en este caso PetroPerú, por incumpliendo de protocolos o ensayos que garanticen la calidad funcional de la infraestructura metálica.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El propósito de los ensayos no destructivos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes y partes fabricadas. Los métodos de END, permiten el control del 100 % de una producción y pueden obtener información de todo el volumen de una pieza, con lo que contribuyen a mantener un nivel de calidad uniforme, con la consiguiente conservación y aseguramiento de la calidad funcional de los sistemas y elementos. Además colaboran en prevenir accidentes, ya que se aplican en mantenimiento y en vigilancia de los sistemas a lo largo del servicio. Por otra parte proporcionan beneficios económicos directos e indirectos.

Beneficios directos, por la disminución de los costos de fabricación, al eliminar en las primeras etapas de fabricación, los productos que serían rechazados en la inspección final, y el aumento de la productividad, por reducirse el porcentaje de productos rechazados en dicha inspección final.

Entre los beneficios indirectos se pueden citar su contribución a la mejora de los diseños, por ejemplo, demostrando la necesidad de realizar un cambio de diseño de molde en zonas críticas de piezas fundidas o también contribuyendo en el control de procesos de fabricación.

En ese sentido el proyecto se justifica en que eliminará situaciones o eventos que generan pérdidas económicas a la empresa, esto mediante la aplicación de la propuesta de ensayos no destructivos a los tubos aleados ASTM A355-P5 garantizando su calidad de fabricación.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se desarrollará en la empresa Técnicas Metálicas, Planta: Km. 17.5 antigua Panamericana Sur, Lima – 42.

1.3.2 TEMPORAL

El proyecto de ingeniería comprende el periodo de enero de 2016 a Enero de 2017.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo garantizar la calidad de fabricación en tubos aleados ASTM A335-P5, a ser utilizados en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Garantizar la calidad de fabricación en tubos aleados ASTM A335-P5, a ser utilizados en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara, a través de una propuesta de ensayos no destructivos.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un plan de ensayo no destructivo sobre tubos aleados ASTM A335-P5, a ser utilizados en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara.
- Comprobar si el plan de ensayo no destructivo garantiza la calidad de fabricación en tubos aleados ASTM A335-P5, a ser utilizados en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Quiroz (2015), en su tesis titulada “Gestión del proceso de ensayos no destructivos en el área de mantenimiento Mina - Yanacocha”, para optar el título de Ingeniero Metalúrgico en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, concluye que: “Las recomendaciones del fabricante para cualquier componente deben adecuarse a la realidad operativa del componente, motivo por el cual solo deben ser tomadas como una guía o punto de inicio para la aplicación de una estrategia particular según sea el caso, la estrategia de monitoreo es la más adecuada para el caso de una industria de producción, ya que permite manejar tiempos y recursos en los equipos y la aplicación de ensayos no destructivos permite identificar

oportunamente discontinuidades evitando fallas catastróficas tanto para el equipo como para los objetivos en la producción.”¹

Correa (2010), en su tesis titulada “Los ensayos no destructivos como herramienta del ingeniero, en la fabricación de recipientes de presión”, para optar el título de Ingeniero Mecánico y Eléctrico en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, concluye que: “Es necesario que a nivel de instituciones relacionadas con la calidad y normalización, se de la importancia necesaria al control de la calidad y desarrollo de la normalización en todos los recipientes sometidos a presión. Existe un aspecto que debe ser ampliamente difundido: las inspecciones en servicio para conocer en todo momento la real situación de los recipientes sometidos a presión, con el objetivo de prevenir accidentes, esto ha sido definido en el tema como el costo de riesgo de falla”.²

Herrera (2014), en su tesis titulada “Inspección de tuberías descarga de concentrado de cobre de 22” por medio de un equipo de ultrasonido”, para optar el título de Ingeniero Mecánico y Eléctrico en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa concluye que: “El desgaste de la tubería es regular en sus cuatro direcciones, esto debido al flujo laminar de tuberías, al no encontrarse cambios de sentido y/o disminución de área donde si se presentan desgastes irregulares de espesores. Los datos que se obtuvieron

¹ QUIROZ, E. (2014). Gestión del proceso de ensayos no destructivos en el área de mantenimiento Mina - Yanacocha. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

² CORREA, C. (2010). Los ensayos no destructivos como herramienta del ingeniero, en la fabricación de recipientes de presión. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

como resultado, indican que las tuberías presentan fallas antes del tiempo de vida esperado según fabricante.”.³

Pazos (2005), en su libro titulado “Tecnología de los metales y procesos de manufactura”, señala que: “Los ensayos no destructivos se utilizan para detectar discontinuidades en piezas metálicas y no metálicas. Las discontinuidades son interrupciones en la estructura física, y en algunos casos pueden haber sido introducidas intencionalmente. Algunas veces la discontinuidad constituye un defecto. Los defectos son aquellas discontinuidades que no se ajustan a los criterios de aceptación porque menoscaban la utilidad de la pieza.

Los ensayos no destructivos no ocasionan daño a los materiales ensayados, por lo cual después del examen dichos materiales pueden ser utilizados. Estas pruebas permiten la identificación de materiales defectuosos antes de que sean conformados, maquinados, ensamblados o puestos en servicio. El rechazo o aceptación de una pieza con defectos dependen del uso del componente. Las pruebas también se utilizan para la inspección periódica de componentes en servicio. La ocurrencia de una falla muchas veces puede ser evitada con el uso de estos ensayos”.⁴

³ HERRERA, B. (2014). Inspección de tuberías descarga de concentrado de cobre de 22” por medio de un equipo de ultrasonido. (Tesis de Pre Grado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

⁴ PAZOS, N. (2005). Tecnología de los metales y procesos de Manufactura. Caracas, Venezuela: MINIPRES.

Núñez (2004), en su libro titulado “Comportamiento Mecánico de los materiales”, señala que: “Los ensayos no destructivos permiten poner de manifiesto cualidades de los materiales sin necesidad de destruir las piezas o componentes sobre los que se ensaya. Su uso se ha generalizado a casi todas las industrias de fabricación de metales y otros tipos de nuevos materiales (por ejemplo, compuestos). Los ensayos de dureza, microdureza y dureza Shore pueden utilizarse en algunos casos como ensayos no destructivos en el sentido de que no habilitan la pieza ensayada para su comercialización, bien porque pueden aplicarse a zonas poco importantes del componente o porque no alteran, o alteran muy poco, la superficie ensayada. Existen equipos de ensayos de dureza portátiles, que se consideran no destructivos. En este tipo de equipos se da un valor de dureza a partir de energía de impacto. No dejan deformación en el material. Suelen emplearse en las industrias del gas y el petróleo”.⁵

Feiler (2003), en su libro titulado “Tecnología de los metales para profesiones técnico - mecánicas”, señala que: “Los aceros aleados se designan según su composición química. En las normas se recogen principalmente aceros de baja aleación, tal como se emplean en construcción. En los aceros de baja aleación, la suma de los componentes aleados está por debajo del 5% de la masa. Los aceros de alta aleación son los que poseen unos componentes aleados en proporción superior al 5%. Antes de la indicación del material se pone una X”.⁶

⁵ NUÑEZ, A. (2004). Comportamiento Mecánico de los Materiales. Barcelona, España: REY

⁶ FEILER, K. (2003). Tecnología de los metales para profesiones técnico - mecánicas. Barcelona, España: REVERTE.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los Ensayos no destructivos (END) (destructive testing) son herramientas fundamentales y esenciales para el control de calidad de materiales de ingeniería, procesos de manufactura, confiabilidad de productos en servicio y mantenimiento de sistemas, cuya falla prematura puede ser costosa o desastrosa.

Aparecen como una expresión de la actividad inteligente del hombre en sus primeros deseos de dominar y transformar la naturaleza. Los ensayos no destructivos son exámenes o pruebas que son utilizados para detectar discontinuidades internas y/o superficiales o para determinar propiedades selectas en materiales, soldaduras, partes y componentes; usando técnicas que no alteran el estado físico o constitución química, dañen o destruyan los mismos. Dentro los ensayos no destructivos están incluidos la inspección por radiografía, inspección por partículas magnéticas, inspección por líquidos penetrantes, inspección visual y también inspección por ultrasonido.

El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes e partes fabricadas. La falla es el daño de una pieza que no le permite continuar en servicio, causando la sustitución prematura de los componentes. Refiriéndonos a prematuro por la sustitución de la pieza antes de haber alcanzado su vida útil especificada en el

diseño. La falla de los materiales puede producirse por defectos de fabricación, errores de operación o inadecuada selección de materiales.

Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Se denomina así a toda prueba que se realice sobre un material sin afectarlo metalúrgicamente no mecánicamente, se realizan con el fin de determinar el estado geométrico, mecánico o químico de la pieza para verificar si cumple con las reglas de aplicación que correspondan, ejemplo de ellos son: Radiografiado de cordones de soldadura (rayos x), tintas penetrantes, partículas magnéticas, medición de espesores por medios ultrasónicos.

Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, 31 emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada. Se identifican comúnmente con las siglas: END; y se consideran sinónimos a, inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos.

2.2.1.1 OBJETIVOS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Núñez (2004). El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales,

soldaduras, componentes e partes fabricadas. Los métodos de END, permiten el control del 100 % de una producción y pueden obtener información de todo el volumen de una pieza, con lo que contribuyen a mantener un nivel de calidad uniforme, con la consiguiente conservación y aseguramiento de la calidad funcional de los sistemas y elementos. Además colaboran en prevenir accidentes, ya que se aplican en mantenimiento y en vigilancia de los sistemas a lo largo del servicio. Por otra parte proporcionan beneficios económicos directos e indirectos. Beneficios directos, por la disminución de los costos de fabricación, al eliminar en las primeras etapas de fabricación, los productos que serían rechazados en la inspección final, y el aumento de la productividad, por reducirse el porcentaje de productos rechazados en dicha inspección final. Entre los beneficios indirectos se pueden citar su contribución a la mejora de los diseños, por ejemplo, demostrando la necesidad de realizar un cambio de diseño de molde en zonas críticas de piezas fundidas o también contribuyendo en el control de procesos de fabricación.⁷

⁷ NUÑEZ, A. (2004). Comportamiento Mecánico de los Materiales. Barcelona, España: REY

2.2.1.2 TIPOS DE PRUEBAS

Pruebas no destructivas superficiales:

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad superficial de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND superficiales son:

- Inspección Visual (VT):

Esta es una técnica que requiere de una gran cantidad de información acerca de las características de la pieza a ser examinada, para una aceptada interpretación de las posibles indicaciones.

Esta ampliamente demostrado que cuando se aplica correctamente como inspección preventiva, detecta problemas que pudieran ser mayores en los pasos subsecuentes de producción o durante el servicio de la pieza.

- Líquidos penetrantes (PT):

AEND (2002). La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la

superficie de los materiales examinados. Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos. El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo se remueve el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

Las aplicaciones de esta técnica son amplias, y van desde la inspección de piezas críticas como son los componentes aeronáuticos hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico. Se pueden inspeccionar materiales metálicos,

cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, entre otros. Una de las desventajas que presenta este método es que sólo es aplicable a defectos superficiales y a materiales no porosos.⁸



FIGURA N° 01: LÍQUIDOS PENETRANTES

○ **Partículas Magnéticas (MT):**

La prueba de partículas magnéticas es un método de prueba no destructivo para la detección de imperfecciones sobre o justamente debajo de la superficie de metales ferrosos que también se puede aplicar en soldadura. Es una técnica rápida

⁸ AEND (2002). Ensayos no destructivos, Líquidos Penetrantes. Madrid, España: COFEMETAL

y confiable para detección y localización de grietas superficiales.

Un flujo magnético es enviado a través del material y en el lugar de la imperfección se forma un campo de fuga que atrae el polvo de hierro que se rocía sobre la superficie, así la longitud de la imperfección puede ser determinada de forma muy confiable.

Criterios de aceptación definen si la indicación es o no aceptable, es decir si se trata de un defecto o no.

En el ensayo no destructivo de partículas magnéticas inicialmente se somete a la pieza a inspeccionar a una magnetización adecuada y se espolvorea partículas finas de material ferromagnético.

Es un tipo de ensayo no destructivo que permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferro-magnéticos.

Se selecciona usualmente cuando se requiere una inspección más rápida con los líquidos penetrantes.

- Electromagnetismo (ET):

El electromagnetismo anteriormente llamado corrientes de Eddy o de Foucault se emplea para inspeccionar materiales que sean electro conductores, siendo especialmente aplicable aquellos que no son ferromagnéticos. La inspección por corriente EDDY está basada en el efecto de inducción electromagnética.

En el caso de utilizar VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); y con MT y ET se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

✚ Pruebas no destructivas de hermeticidad:

Estas pruebas proporcionan información del grado en que pueden ser contenidos los fluidos en recipientes, sin que escapen a la atmósfera o queden fuera de control. Los métodos de PND de hermeticidad son:

- Pruebas de Fuga.
- Pruebas por Cambio de Presión (Neumática o hidrostática). Pruebas de Burbuja.
- Pruebas por Espectrómetro de Masas
- Pruebas de Fuga con Rastreadores de Halógeno.

✚ Pruebas no destructivas volumétricas:

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad interna de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND volumétricos son:

- Radiografía Industrial (RT):

Una radiografía es una imagen registrada en una placa o película fotográfica. La imagen se obtiene al exponer dicha placa o película a una fuente de radiación de alta energía, comúnmente rayos X o radiación

gamma procedente de isótopos radiactivos (Iridio 192, Cobalto 60, Cesio 137, etc). Al interponer un objeto entre la fuente de radiación y la placa o película las partes más densas aparecen con un tono más o menos gris en función inversa a la densidad del objeto. Por ejemplo: si la radiación incide directamente sobre la placa o película, se registra un tono negro.

Sus usos pueden ser tanto médicos, para detectar fisuras en huesos, como industriales en la detección de defectos en materiales y soldaduras tales como grietas, poros, "rechupes", etc. La radiografía industrial de molgilner ensayo no destructivo de tipo físico utilizado para inspeccionar materiales en busca de discontinuidades macroscópicas y variaciones en su estructura interna. La radiación electromagnética de onda corta tiene la propiedad de poder penetrar diversos materiales sólidos, por lo que al utilizarla se puede generar una imagen de la estructura interna del material

examinado. El principio de esta técnica consiste en que cuando la energía de los rayos X o gamma atraviesa una pieza, sufre una atenuación que es proporcional al espesor, densidad y estructura del material inspeccionado. Posteriormente, la energía que logra atravesar el material es registrada utilizando una placa fotosensible, de la cual se obtiene una imagen del área en estudio.

Los rayos x son una forma electromagnética (como una luz) que contiene una gran energía y por ello, es posible que penetre en el cuerpo humano, produciendo así, una imagen en una placa de fotografía durante este paso, las radiaciones se modifican, entonces, al pasar por estructuras de gran densidad como el hueso, la imagen que se producirá en la placa será de color blanco y si atraviesa estructuras con aire se formara una imagen de color negro.

Los colores dependerán de la densidad de las estructuras.

- Se basa en la absorción diferencial de la radiación por los materiales.
 - Peligrosa para los seres vivos.
 - Da un registro permanente.
- Ultrasonido industrial (UT):

La inspección por ultrasonido se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo mecánico, y su funcionamiento se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad del material. Cuando se inventó este procedimiento, se medía la disminución de intensidad de energía acústica cuando se hacían viajar ondas supersónicas en un material, requiriéndose el empleo de un emisor y un receptor.

Actualmente se utiliza un único aparato que funciona como emisor y receptor, basándose en la propiedad característica

del sonido de reflejarse al alcanzar una interface acústica.

Los equipos de ultrasonido que se utilizan actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, sub-superficiales e internas, dependiendo del tipo de palpado utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un rango que va desde 0.25 hasta 25 MHz.

Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico denominado transductor y que tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente el transductor vibra a altas frecuencias generando ultrasonido. Las vibraciones generadas son recibidas por el material que se va a inspeccionar, y durante el trayecto la intensidad de la energía sónica se atenúa proporcionalmente a la distancia del recorrido. Al alcanzar la frontera del material, el haz sónico es reflejado, y se

recibe el eco por otro (o el mismo) transductor. Su señal es filtrada e incrementada para ser enviada a un osciloscopio de rayos catódicos.

- Emisión Acústica (AE):

Es un método de inspección de carácter mecánico y se basa en la emisión de pulsos definidos que se propagan en el material de forma radial a la velocidad de sonido. Con lo anterior se detectan y miden, a través de instrumentos de AET, las ondas elásticas que se crea en forma espontánea en los puntos de un material que se somete a esfuerzo físico y al que se deforma de manera plástica.

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y sub-superficiales, así como bajo ciertas condiciones, la detección de discontinuidades superficiales.

2.2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Martínez (1992). El conocimiento de los materiales y sus propiedades es muy importante para cualquier persona involucrada con las pruebas no destructivas. El propósito del diseño y aplicación de las pruebas debe ser el control efectivo de los materiales y productos, con el fin de satisfacer un servicio sin que se presente la falla prematura o un daño. La fuente de la falla puede ser:

- ✚ Una discontinuidad
- ✚ Un material químicamente incorrecto.
- ✚ Un material tratado de tal forma que sus propiedades no son adecuadas.

La detección de discontinuidades es considerada, normalmente, como el objetivo más importante para la aplicación de las pruebas no destructivas. A continuación se proporciona la definición (del documento E 1316 de ASTM) de algunos términos utilizados para efectuar la interpretación y evaluación de los resultados obtenidos al aplicar Pruebas no Destructivas.⁹

- ✚ Discontinuidad

⁹ MARTINEZ, N. (1992). Practica de ciencias de los Materiales. Murcia, España: BLANCA

Una falta de continuidad o cohesión; una interrupción o variación en la estructura o configuración física normal de un material o componente. Se considera como discontinuidad a cualquier cambio en la geometría, huecos, grietas, composición, estructura o propiedades. En general, existen dos clasificaciones de discontinuidades:

- Por su forma:
 - Volumétricas: Descritas porque tienen tres dimensiones o volumen
 - Planas: Descritas porque son delgadas en una dimensión y grandes en las otras dos dimensiones.

- Por su ubicación:
 - Superficiales:
Descritas porque se encuentran abiertas a la superficie.
 - Internas:
Descritas porque no interceptan la superficie.

Otras clasificaciones de discontinuidades:

- Relevantes: Son aquellas que por alguna de sus características (longitud, diámetro, ubicación, forma, etc.) deben ser interpretadas, evaluadas y reportadas.
- No relevantes: Son aquellas que por sus características se interpretan pero no se evalúan, y que deberían ser registradas.
- Lineales: Son aquellas con una longitud mayor que tres veces su ancho.
- Redondas: Son aquellas de forma elíptica o circular que tienen una longitud igual o menor que tres veces su ancho.

Defecto

Es una o más discontinuidades cuyo tamaño agregado, forma, orientación, localización o propiedades no cumple con un criterio de aceptación especificado y que es rechazada.

Indicación

Es la respuesta o evidencia de una respuesta, que se obtiene al aplicar alguna Prueba no Destructiva. Se clasifican en tres tipos:

- Indicaciones falsas:

Una indicación que se interpreta como que ha sido producida por otra causa que no sea una discontinuidad. Se presentan normalmente por la aplicación incorrecta de la prueba.

- Indicaciones no relevantes:

Una indicación que se produce por una condición o tipo de discontinuidad que no es rechazada. Son creadas normalmente por el acabado superficial o la configuración del material.

- Indicaciones verdaderas:

Una indicación que se produce por una condición o tipo de discontinuidad que requiere evaluación. Son aquellas producidas por discontinuidades.

2.2.1.4 CALIFICACIÓN Y NIVELES

Es el cumplimiento documentado de requisitos de: escolaridad, entrenamiento, experiencia y exámenes (teóricos, prácticos y físicos); establecidos en un programa escrito (procedimiento interno de la empresa, de acuerdo con SNT-TC-1A).

El documento SNT-TC-1A considera que la empresa debe establecer un procedimiento o práctica escrita, para el control y administración del entrenamiento, exámenes y certificación del personal de END.

La práctica o procedimiento escrito de la empresa debe describir la responsabilidad de cada nivel de certificación para determinar la aceptación de materiales o componentes de acuerdo con códigos, estándares, especificaciones y procedimientos aplicables. Además, debe describir los requisitos de entrenamiento, experiencia y exámenes para cada método y nivel de certificación.

La práctica escrita debe ser revisada y aprobada por el Nivel III en END de la empresa, la cual debe mantenerse archivada. Existen tres niveles básicos de calificación, los cuales pueden ser subdivididos por la empresa o el país para situaciones en las que se necesiten niveles adicionales para trabajos y responsabilidades específicas.

Niveles de Calificación

- Nivel I

Es el individuo calificado para efectuar calibraciones específicas, para efectuar

END específicas, para realizar evaluaciones específicas para la aceptación o rechazo de materiales de acuerdo con instrucciones escritas, y para realizar el registro de resultados. El personal Nivel I debe recibir la instrucción o supervisión necesaria de un individuo certificado como nivel III o su designado.

- Nivel II

Es el individuo calificado para ajustar y calibrar el equipo y para interpretar y evaluar los resultados de prueba con respecto a códigos, normas y especificaciones. Está familiarizado con los alcances y limitaciones del método y puede tener la responsabilidad asignada del entrenamiento en el lugar de trabajo de los niveles I y aprendices. Es capaz de preparar instrucciones escritas, organizar y reportar los resultados de prueba.

- Nivel III

Es el individuo calificado para ser el responsable de establecer técnicas y

procedimientos; interpretar códigos, normas y especificaciones para establecer el método de prueba y técnica a utilizarse para satisfacer los requisitos; debe tener respaldo práctico en tecnología de materiales y procesos de manufactura y estar familiarizado con métodos de END comúnmente empleados; es responsable del entrenamiento y exámenes de niveles I y II para su calificación.

2.2.1.5 INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual es aquella que utiliza la energía de la porción visible del espectro electromagnético. Los cambios en las propiedades de la luz, después de entrar en contacto con el objeto inspeccionado, pueden ser detectados por el ojo humano o por un sistema de inspección visual. La detección puede realizarse o puede ser resaltada mediante el uso de espejos, amplificadores o magnificadores, boroscopios y otros accesorios o instrumentos visuales.

La inspección visual directa sin ayuda y visual directa con ayuda está delineada en el Código ASME BPV Sección V. Pruebas no destructivas, Artículo 9:

✚ Inspección Visual Directa.

El examen visual directo puede efectuarse usualmente cuando el acceso es suficiente para colocar el ojo dentro de 24 pulgadas de la superficie que está siendo examinada y a un ángulo de no menor a 30 grados de la superficie que está siendo examinada., Pueden ser usados espejos para mejorar el ángulo de visión.

✚ Inspección Visual Remota

En algunos casos, la inspección visual remota puede ser sustituto de la inspección directa, la inspección visual remota puede usar auxiliares visuales tales como espejos, telescopios, boroscopios, cámaras u otros instrumentos adecuados. Tales sistemas deben tener una capacidad de resolución al menos equivalente a la que sea obtenida por la observación visual directa. Como parte de la inspección visual son considerados los dispositivos de medición ya que se usan para registrar resultados de la inspección, uno de los propósitos de la inspección visual es verificar si se cumplen con las especificaciones en dimensiones.

2.2.1.6 APLICACIONES

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

Defectología.

Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de tensiones; detección de fugas.

Caracterización.

Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas); transferencias de calor y trazado de isotermas.

Metrología.

Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado. Los ensayos no destructivos se utilizan en una variedad de ramas que cubren una gran gama de actividades industriales.

2.2.2 NORMA ASTM A335-P5

2.2.2.1 TUBOS DE CALDERAS DE ALTA PRESIÓN

ASTM A335 P5 es la parte de la norma ASTM A335, la tubería debe ser adecuada para doblar, flanger, y las operaciones de formación similares, y para la soldadura por fusión. El material de acero se ajustará a la composición química, propiedades a la tracción, y los requisitos de dureza.



FIGURA N° 02: TUBERÍAS ALEADAS ASTM A335-P5

Cada tramo de tubo debe ser sometido a la prueba hidrostática. Además, cada tubo debe ser examinado por un método de examen no destructivo de conformidad con las prácticas requeridas.

La gama de ASTM A335 P5 tamaños de tubería que puedan ser examinados por cada método debe ser

sometido a las limitaciones en el alcance de la práctica respectiva.

Los diferentes requisitos de las pruebas mecánicas para tuberías, es decir, prueba de tensión transversal o longitudinal, prueba de aplastamiento, y la dureza o el ensayo de doblado son fines presentados. Both de cada caja se indicará el orden no., El calor no., Las dimensiones, el peso y bultos o como solicitado.

+ Dimensiones exteriores: 19.05mm 114.3mm -

+ Espesor de la pared: 2,0 mm - 14 mm

+ Longitud: Max 16000mm

A. Inspección y prueba:

Inspección composición química, propiedades de prueba mecánica (resistencia a la tracción, límite elástico, alargamiento, la quema, la compresión, flexión, dureza, prueba de impacto), de superficie y de prueba Dimensión, Prueba No destructiva, prueba hidrostática.

B. Tratamiento de la superficie:

Aceite de inmersión, barniz, pasivación, fosfatado, granallado.

Ambos extremos de cada caja se indicará el orden no., El calor no., Las dimensiones, el peso y paquetes o por requerimiento.

C. Material y Fabricación

Pipe puede ser terminado en caliente o estirado en frío con el tratamiento de acabado térmico se indica a continuación.

 A / N + T

 N + T / Q + T

 N + T

D. Ensayos mecánicos especificados

Prueba Transversal o test de tensión longitudinal y aplanamiento, prueba de dureza, o Ensayo de doblado.

Para material tratado térmicamente en un horno de tipo discontinuo, las pruebas se realizarán en 5% de la tubería de cada lote tratado. Para lotes pequeños, al menos un tubo se someterá a ensayo.

Para el calor material tratado por el proceso continuo, las pruebas se realizarán en un

número suficiente de tubos que constituyen el 5% de la parcela, pero en ningún caso menos de 2 tubos.

E. Notas para la Prueba de flexión:

Para tubos cuyo diámetro supera NPS 25 y cuyo diámetro a espesor de pared es 7,0 o menos deberán someterse a la prueba de flexión en lugar de la prueba de aplastamiento de la prueba de aplastamiento sujeto a la aprobación del comprador.

Los especímenes de prueba de plegado ser doblados a temperatura ambiente a través de 180 y sin formación de grietas en el exterior de la parte doblada.

Otros tubos cuyo diámetro sea igual o superior NPS 10 puede tener la prueba de flexión en lugar

2.2.2.2 TUBOS ALEADOS EN ALTA TEMPERATURA

ASTM A335 es una norma ASTM específica Seamless ferrítico de aleación de tubos de acero para servicio a alta temperatura. ASTM A335 tubería ordenó a esta

especificación deberá ser adecuado para operaciones de formación de flexión y similares, y para la soldadura por fusión. La selección dependerá de diseño, condiciones de servicio, las propiedades mecánicas y las características de alta temperatura.

Esta especificación cubre los tubos de aleación de acero ferrítico sin fisuras para servicio de alta temperatura. El tubo debe ser adecuado para doblar, flanger, y las operaciones de formación similares, y para la soldadura por fusión. El material de acero se ajustará a la composición química, propiedades a la tracción, y los requisitos de dureza. Cada tramo de tubo debe ser sometido a la prueba hidrostática. Además, cada tubo debe ser examinado por un método de examen no destructivo de conformidad con las prácticas requeridas.

La gama de tamaños de tubería que puedan ser examinados por cada método debe ser sometida a las limitaciones en el alcance de las prácticas respectivas. Se presentan los diferentes requisitos de los ensayos mecánicos para tuberías, es decir, prueba de tensión transversal o longitudinal, prueba de aplastamiento, y la dureza o la prueba de flexión.

A. PRINCIPALES GRADOS DE ASTM A335: ASTM A335 P11, P22, P5, P9, P91, P92

TABLA N° 01: COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) PARA EL GRADO PRINCIPAL

Grado	P-5	P-9	P-11	P-22	P-91	P-91 también incluido
Elemento	Designación de UNS K41545	S50400	K11597	K21590	K91560	
Carbono	0,15 máximo	0,15 máximo	0,05 - 0,15	0,05 - 0,15	0,08 - 0,12	V en 0,18 - 0,25
Manganeso	0,30 - 0,60	0,30 - 0,60	0,30 - 0,60	0,30 - 0,60	0,30 - 0,60	N en 0,030 - 0,070
Fosforado, máximo	0,025	0,025	0,025	0,025	0,020	Ni en 0,40 máximo
Azufre, máximo	0,025	0,025	0,025	0,025	0,010	Al en 0,02 máximo
Silicio	0,50 máximo	0,25 - 1,00	0,50 - 1,00	0,50 máximo	0,20 - 0,50	Cb en 0,06 - 0,10
Cromo	4,00 - 6,00	8,00 - 10,00	1,00 - 1,50	1,90 - 2,60	8,00 - 9,50	Ti en 0,01 máximo
Molibdeno	0,45 - 0,65	0,90 - 1,10	0,44 - 0,65	0,87 - 1,13	0,85 - 1,05	Zr en 0,01 máximo

TABLA N° 02: PROPIEDADES MECÁNICAS

GRADO P11, P22, P5, P9	
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MIN (MPa)	415
LIMITE ELÁSTICO MIN (MPa)	205
ELONGACIÓN (L/t)	30/20
TRATAMIENTO TÉRMICO	A/N+T

B. MATERIAL Y FABRICACIÓN

Pipe puede ser terminado en caliente o estirado en frío con el tratamiento de acabado térmico se indica a continuación.

TABLA N° 03: REQUISITOS TRATAMIENTO TÉRMICO

Grado	Tipo del tratamiento térmico	Normalizando la gama de temperaturas F [C]	Recocido subcrítico o temple Gama de temperaturas F [C]
P5 (b, c)	Lleno o isotérmico recueza		
	Normalice y modere	*****	1250 [675]
	Subcrítico recueza (P5c solamente)	*****	1325 - 1375 [715 - 745]
P9	Lleno o isotérmico recueza		
	Normalice y modere	*****	1250 [675]
P11	Lleno o isotérmico recueza		
	Normalice y modere	*****	1200 [650]
P22	Lleno o isotérmico recueza		
	Normalice y modere	*****	1250 [675]
P91	Normalice y modere	1900-1975 [1040 - 1080]	1350-1470 [730 - 800]
	Apague y modere	1900-1975 [1040 - 1080]	1350-1470 [730 - 800]

TABLA N° 04: REQUISITOS DEL ALARGAMIENTO

Valores mínimos calculados del alargamiento				
Alargamiento en 2 adentro. o 50 milímetros, % mínimos				
Grueso de pared en.	milímetro	P5, P9, P11, P22		P91
		Longitudinal	Transversal	Longitudinal
5/16 (0,312)	8	30	20	20
9/32 (0,281)	7,2	28	19	19
1/4 (0,250)	6,4	27	18	18
7/32 (0,219)	5,6	26		17
3/16 (0,188)	4,8	24		16
5/32 (0,156)	4	22		15
7/8 (0,125)	3,2	21		14
3/32 (0,094)	2,4	20		13
1/18 (0,062)	1,6	18		12

2.2.3 ACEROS ALEADOS

Molera (2001). Acero aleado es una posible variedad de elementos químicos en cantidades en peso del 1,0 % al 50 % para mejorar sus propiedades mecánicas. Los aceros aleados se dividen en dos grupos: aceros de baja aleación y aceros de alta aleación. La distinción entre los dos varía: Smith and Hashemi sitúan la barrera en el 4 % en peso de aleantes, mientras que Degarmo lo define en el 8,0 %. La expresión acero aleado designa más comúnmente los de baja aleación.

Todo acero es en realidad una aleación, pero no todos los aceros son "aceros aleados". Los aceros más simples son hierro (Fe) (alrededor del 99 %) aleado con carbono (C) (alrededor del 0,1 -1 %, dependiendo del tipo).

2.2.3.1 ALEACIONES HIERRO - CARBONO

Una razón importante para estudiar el sistema Fierro – Carbono es la gran actividad de conocimientos empíricos que se han acumulado durante casi 4 000 años, no es suficiente para obtener un entendimiento básico de estas aleaciones. Este es el sistema de aleaciones más estudiado y, sin embargo, es el que presenta el mayor número de problemas sin resolver; aunque ha habido grandes avances en el conocimiento cuantitativo, por ejemplo, de los diagramas de fase, de la cristalografía de

las transformaciones y de las propiedades mecánicas, muchas veces hay que limitarse a explicaciones cualitativas de la estructura y de las propiedades de las aleaciones férreas. Todas las posibles aleaciones Hierro - Carbono y sus “formas” con la temperatura están representadas en lo que se llama el “Diagrama de Equilibrio de Fases Sistema “Hierro Carbono”. (Ver gráfico). Con la porción del Diagrama hasta 6,67% en peso del carbono. Los aceros son el grupo de aleaciones más importante usado por la humanidad desde el año 2 000 AC hasta el presente. El Fierro y los aceros constituyen más del 80% en peso de todas las aleaciones que se usan, a causa de ser uno de los elemento más abundante en la corteza terrestre. Las formas alotrópicas de Fierro permiten la formación de una gran variedad de microestructuras, es decir, se pueden lograr muchas propiedades físicas diferentes. Por ejemplo la resistencia de los aceros puede variar entre 200 y 2 000 Mpa con ductilidad adecuada. En este diagrama vemos lo siguiente. El punto de fusión del hierro puro (0% C) es 1535° C y luego que se agrega carbono disminuye el punto de fusión de la aleación hasta llegar a 1130° C cuando contiene 4.26% Carbono y luego con mayor cantidad de carbono vuelve a subir el punto de fusión. Por esa razón ese punto mínimo se llama “eutéctico” del

griego “fácil fusión” y es muy importante para poder licuar el metal y verterlo en moldes.¹⁰

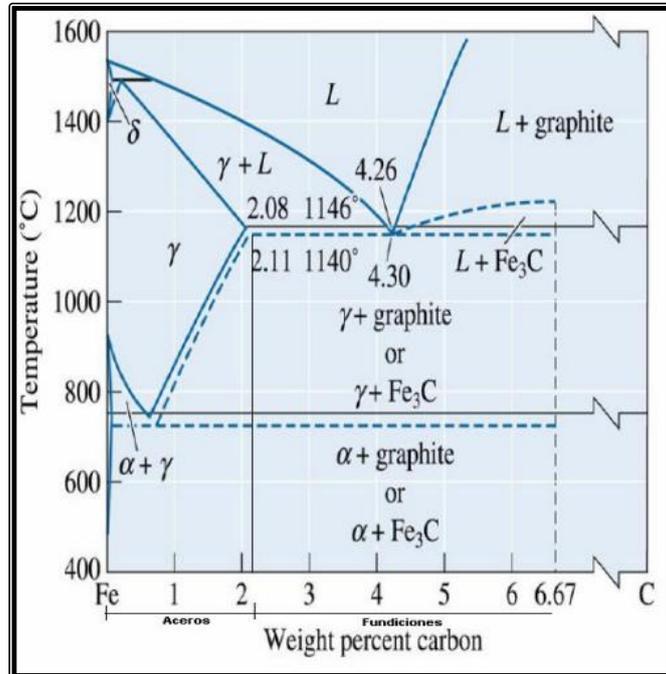


FIGURA N° 03: DIAGRAMA DE EQUILIBRIO DE FASES SISTEMA

Otro aspecto importante es el que se refiere a la máxima solubilidad de carbono en la red de hierro (sólido) que se produce a 1148° C y es de 2.11% C. Nótese que el hierro entre la temperatura 1394° y 912° C, se llama hierro gama y corresponde a la forma cristalina de cubo de caras centradas. El hierro en esa forma cristalina tiene los huecos más grandes en la red, pudiendo así acomodar los átomos de carbono con distorsión no tan pronunciada como es el caso de la forma cristalina cubo de cuerpo centrado llamada hierro alfa, razón por la cual

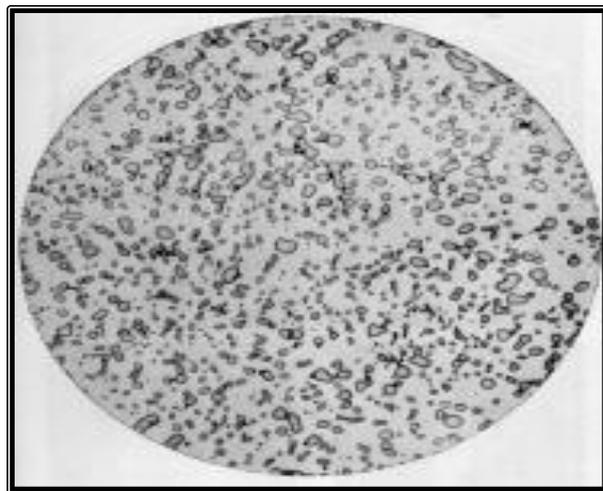
¹⁰ MOLERA, A. (2001). Tratamientos técnicos de los Metales. Barcelona, España: MARCOMBO

el Fe γ y disuelve mayor cantidad de carbono que el Fe α . Esta disolución se refiere a aceptar el carbono en su red y formar una fase totalmente homogénea, tal como la disolución de la sal en el agua. Se puede introducir más carbono en el hierro líquido pero al enfriar, éste expulsa el exceso de carbono de la red ya sea en forma de carbono puro (forma cristalina compleja llamada grafito) u otras veces en forma de un compuesto de hierro rico en carbono, un carburo muy duro llamado cementita con la siguiente fórmula química Fe_3C . Esto es igual que al enfriar una solución de agua con sal, ésta alcanza el límite de solubilidad de la sal con el agua, ya que ésta disminuye con la temperatura, y la sal precipita al ser expulsada de la solución.

Aquí vemos que el exceso de carbono puede precipitar en dos formas, y esto es lo que está representado en el diagrama, la línea de segmentos se refiere a cuando precipita grafito y la línea sólida a cuando precipita Fe_3C . El sistema Fe - Fe_3C es muy importante, porque cuando hay menos cantidad de carbono, menos de 2% las aleaciones contienen el carbono en forma de cementita y reciben el nombre de ACEROS y son posibles de deformar sin quebrarse. Cuando tienen mayor cantidad de carbono reciben el nombre de

FUNDICIONES, en ellas el carbono en exceso precipita como grafito y aún más como láminas o escamas de grafito que interrumpen la red de hierro, tornándolos quebradizos. Como en el proceso de reducción de los minerales de hierro se disuelve hasta alrededor de 4% de carbono, el hierro bruto o arrabio es una fundición y es el producto que se obtiene del alto horno. Pero aún en las fundiciones el proceso de precipitación del carbono a grafito requiere tiempo, o sea, un enfriamiento más o menos lento, de lo contrario se produce “fundición blanca”, en ella el exceso de carbono está en forma de cementita. Cuando el carbono está en forma de grafito se llama “Fundición Gris”. Este efecto del tiempo sobre las formas de distribución del carbono son muy importantes en el acero, pues en ellas se basa el endurecimiento del acero por templado o enfriamiento rápido. Se calienta el acero en el rango austenítico y luego se enfría bruscamente en agua o aceite, con ello en todas las partes que se enfriaron suficientemente rápido el carbono no tiene tiempo de salir de la red del hierro y queda aprisionado en exceso en la red de ferrita, esta ferrita con exceso de carbono se llama Martensita (en honor a Martens) y la dureza del acero se debe a la distorsión producida por el exceso de carbono, ya que la solubilidad máxima por el carbono en la ferrita es de solo

0.02% C. Por otro lado si se vuelve a calentar este acero templado o martensítico, empieza a salir el carbono lentamente, esto se llama revenido y se hace para disminuir la dureza del acero y no dejarlo tan frágil (o quebradizo) pudiendo llegar a obtener Ferrita + Cementita Globular. Ver figura.



**FIGURA N° 04: MICROGRAFÍA A 1000X FE + 0.8% C FERRITA +
CEMENTITA GLOBULAR**

Históricamente, el primer hierro líquido obtenido por el hombre fue la fundición, o sea, hierro con alto carbono y es muy posible que haya sido fundición blanca, ya que no contenía tanto carbono como el arrabio que se obtiene hoy en día, con lo que tenía tendencia a formar cementita en gran cantidad, tornándose muy frágil, no forjable y luego inútil para su uso inmediato, razón por la cual fue rechazado. Pero en el siglo XVI se descubrió que al calentar este material mezclado con mineral de

hierro se oxidaba el carbono de la fundición formando gas CO y se obtenía un producto que era forjable y recibió el nombre de fundición maleable.



FIGURA N° 05: MICROGRAFÍA A 1000X FE + 0,8% C

Se da el nombre de aceros aleados o aceros especiales a los aceros que además de los cinco elementos: carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. También puede considerarse aceros aleados los que contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono que antes hemos citado, en mayor cantidad que los porcentajes que normalmente suelen contener los aceros al carbono, y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes: Si=0.50%; Mn=0.90%; P=0.100% y S=0.100%, estos son aceros especiales. En un sentido más amplio, los aceros especiales pueden contener hasta el 50% de elementos de aleación.

Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio, wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, Selenio, aluminio, boro y Niobio. La influencia que ejercen esos elementos es muy variada, y, empleados en proporciones convenientes, se obtienen aceros con ciertas características que, en cambio, no se pueden alcanzar con los aceros ordinarios al carbono. Utilizando aceros especiales es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. En elementos de máquinas y motores se llegan a alcanzar grandes durezas con gran tenacidad. Es posible fabricar mecanismos que mantengan elevadas resistencias, aún a altas temperaturas. Hay aceros inoxidables que sirven para fabricar elementos decorativos, piezas de máquinas y herramientas, que resisten perfectamente a la acción de los agentes corrosivos. Es posible preparar troqueles de formas muy complicadas que no se deformen ni agrieten en el temple, etc.

-  La tendencia que tienen ciertos elementos a disolverse en la ferrita o formar soluciones sólidas con el hierro alfa.
-  La tendencia que en cambio tienen otros a formar carburos.
-  La influencia de los elementos de aleación en los diagramas de equilibrio de los aceros, elevación o descenso de las temperaturas críticas de los diagramas

de equilibrio y las temperaturas Ac y Ar correspondientes a calentamientos y enfriamientos relativamente lentos, modificaciones en el contenido de carbono del acero eutectoide.

- ✚ Tendencia a ensanchar o disminuir los campos austeníticos o ferríticos correspondientes a los diagramas de equilibrio, y otras influencias también relacionadas con el diagrama hierro-carbono, como la tendencia a grafitizar el carbono, a modificar el tamaño del grano, etc.
- ✚ La influencia de los elementos aleados sobre la templabilidad. La influencia que tienen en retardar el ablandamiento que se produce en el revenido.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- ✚ **Abrasión:** Desgaste de la superficie, producido por rayado continuo, usualmente debido a la presencia de materiales extraños, o partículas metálicas en el lubricante.
- ✚ **Acero:** Metal formado a base de hierro y aleado con carbono en una proporción entre el 0,03% y el 2%. El acero dulce se caracteriza por ser muy maleable (con gran capacidad de deformación) y tener una concentración de carbono inferior al 0,2%. Por encima de esta proporción de carbono, el acero se vuelve más duro, pero más frágil.

- ✚ **Acero inoxidable:** Acero que presenta una gran resistencia a la acción de la oxidación, característica que se consigue aleándolo con el cromo y el níquel.
- ✚ **Acero al boro:** El agregado de aleación de boro a los aceros permite a estos una resistencia superior tras el endurecimiento por tratamiento de calor.
- ✚ **Acero al plomo:** Se añade plomo al acero para mejorar su maquinabilidad. Además es una característica clave de los aceros con bajo contenido de carbono y de fácil corte (fácil mecanización o decoletaje) de primera calidad.
- ✚ **Acero bruto:** Es la forma en que se mide la producción de acero. El acero bruto es acero líquido o acero colado antes de ser sometido a transformación.
- ✚ **Acero al carbono:** Calidades ordinarias de acero al carbono sin contenido importante de aleación.
- ✚ **Acero endurecido:** La chapa de acero que se emplea en la carrocería de los automóviles precisa poseer propiedades de fácil mecanización durante el proceso de prensado para la fabricación de los paneles, pero debe poseer también una elevada resistencia que ofrezca la máxima calidad del servicio.
- ✚ **Aceros aleados:** Los aceros aleados son aceros en los que elementos adicionales han sido agregados al hierro, al carbono, al manganeso y al silicio presente en los aceros al carbono para mejorar sus propiedades y su rendimiento. Estas mejoras representan un aumento en la resistencia, la dureza, la ductibilidad

y la resistencia a la corrosión. Varios elementos adicionales pueden estar presentes en la aleación, y a veces la propiedad deseada se logra mediante una combinación de aleaciones y tratamiento térmico.

✚ **Aleación:** Sustancia con propiedades metálicas compuesta por dos o más elementos químicos de los cuales al menos uno es un metal.

✚ **Cementación o endurecimiento superficial del acero:** Consiste en un método de tratamiento de calor que se aplica a la superficie de los aceros al carbono de baja aleación para incrementar la dureza y por tanto, la resistencia al desgaste y la abrasión, mientras que permite que el interior, que es más fuerte y resistente a posibles fracturas, sea más maleable.

✚ **Cromo:** El cromo es un metal duro de color blanco plateado con una elevada temperatura de fusión (1.857 °C). En el ámbito industrial se utiliza en la producción de acero inoxidable, su uso más conocido y que representa la mayor parte del consumo mundial.

✚ **Corrosión:** Ataque químico y electroquímico gradual sobre un metal producido por la atmósfera, la humedad y otros agentes.

✚ **Desgaste:** La pérdida de material de la superficie como resultado de una acción mecánica.

✚ **Dureza:** La resistencia de una sustancia a la abrasión de la superficie.

✚ **Ensayo:** Prueba química que se realiza en una muestra de mineral para determinar la concentración de metal útil que contiene.

- ✚ **Ferro-níquel:** Se trata de una aleación de níquel y hierro que aporta de una manera práctica unidades de níquel durante el proceso de producción de acero inoxidable, de otros aceros que contienen níquel y otras aleaciones para fundición.
- ✚ **Ferroaleaciones:** Las ferroaleaciones son los condimentos del proceso de fabricación de acero.
- ✚ **Ferroso:** Término que indica que un producto contiene hierro. Se utiliza para distinguir el hierro y el acero de metales no ferrosos.
- ✚ **Fundición blanca:** Metal duro, quebradizo y magnético. Se rompe rápidamente al golpearlo con un martillo y la fractura es de color plateado y blanco.
- ✚ **Fundición gris:** Forma más común del hierro fundido utilizado principalmente en fundiciones. La fractura es de color gris oscuro, siendo utilizada para bancadas, bases, etc.
- ✚ **Galvanizado:** Revestimiento del acero con zinc para así evitar la corrosión.
- ✚ **Normalización:** Es un proceso similar al del recocido, donde el metal se calienta a elevada temperatura y se mantiene en esta durante varias horas para mejorar la estructura del grano.
- ✚ **Níquel:** Este metal de color plateado-blanco y elevado punto de fusión (1.454 °C) tiene propiedades de resistencia a la corrosión y es trabajable, pese a ser duro y contar con buena fuerza y resistencia.

- ✚ **Oxidación:** Degeneración por el ataque del oxígeno a un material o lubricante. El proceso es acelerado por calor, luz, catalizadores metálicos y la presencia de agua, ácidos o contaminantes sólidos.
- ✚ **Prevención:** El conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.
- ✚ **Recargo de aleación:** Se trata de una cantidad que se añade al precio normal que las acerías ponen a su acero para cubrir los elementos de aleación utilizados en la producción de ciertos grados. En algunos casos, los recargos también reflejan los costes energéticos.
- ✚ **Soldado:** Este método de unir metales resulta esencial para ciertos tipos de tubos y es ampliamente utilizado en la fabricación de aceros estructurales, aplicaciones de la industria naval, etc.
- ✚ **Temple y revenido:** Este proceso es difícil de explicar en profundidad porque implica cambios en la estructura metalúrgica. En líneas generales consiste en endurecer el acero calentándolo por encima del punto crítico y enfriándolo rápidamente (temple). Después se vuelve a calentar (generalmente entre 400-600 °C) reduciendo la fragilidad y aumentando su dureza para conseguir la ductibilidad deseada.
- ✚ **Tenacidad, dureza, ductilidad y resistencia:** La tenacidad es una cualidad que indica la resistencia a la rotura que tiene un material al absorber la tensión y presión de una carga o impacto repentino. Tiende a mejorar a medida que aumenta la temperatura.

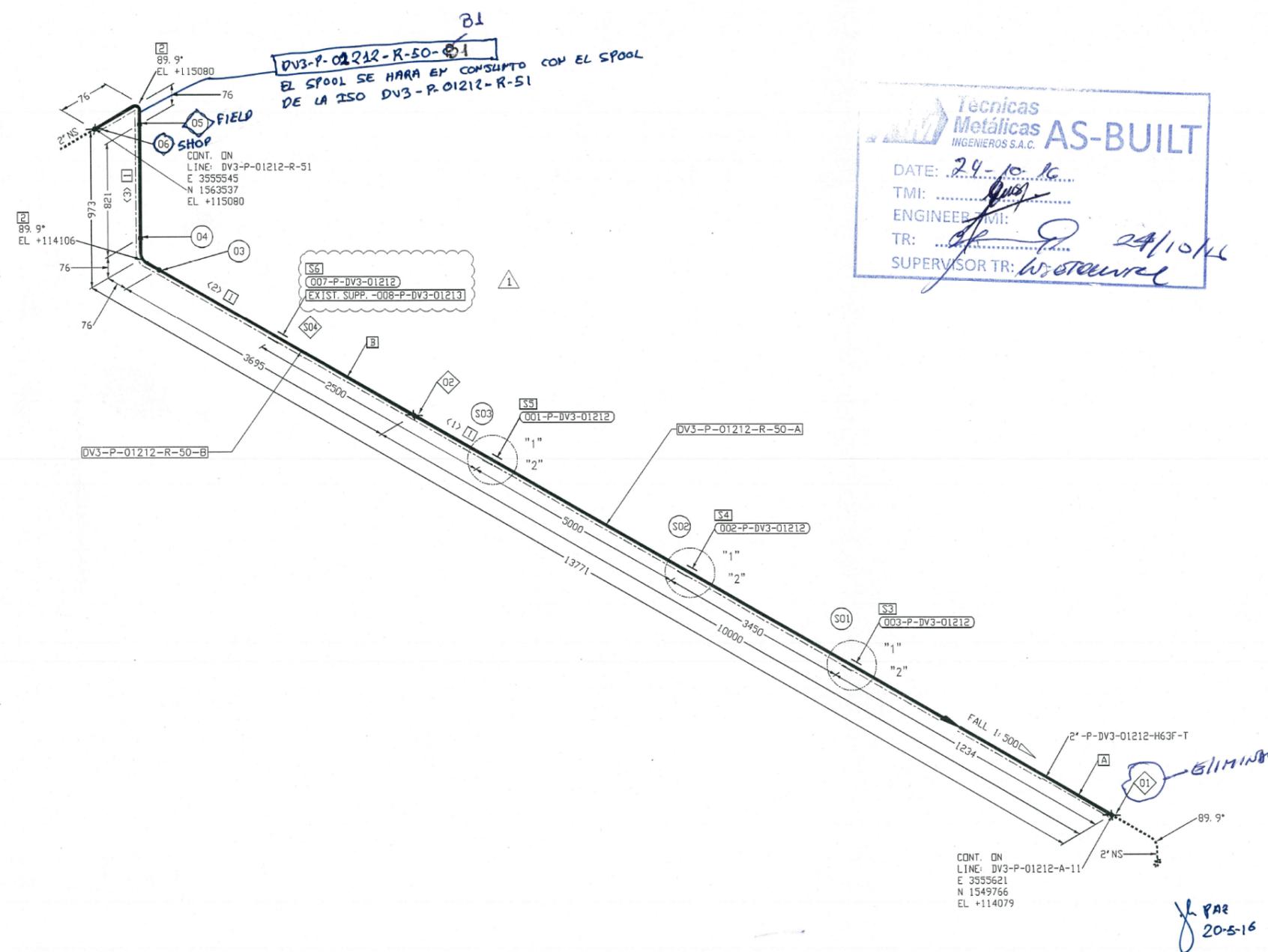
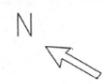
- ✚ **Tubos sin soldadura:** Los tubos sin soldadura poseen una mayor resistencia que los tubos soldados debido a su microestructura homogénea, pero su producción es mucho más cara.
- ✚ **Tubos soldados:** Los tubos soldados se obtienen a partir de bandas de laminación laminadas en frío o en caliente, chapa gruesa o chapa fina.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL PLAN DE ENSAYOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Con el objetivo de realizar ensayos no destructivos a los tubos aleados ASTM A335-P5 con el fin de garantizar la calidad del mismo y no tener ningún problema al momento de montar la estructura en la Refinería de Talara, detallaremos inicialmente las características de dichos tubos, para luego especificar los procedimientos de los diversos ensayos no destructivos. Es importante señalar que los ensayos no destructivos aplicados a los tubos aleados ASTM A335-P5, están relacionados a ensayos PMI (Reporte de identificación positiva de materiales), PHT (Pre Heat Reports - Reporte Pre Calentamiento ensayo térmico antes de la soldadura), PWHT (Reporte de Tratamiento Térmico Ensayo térmico Post Soldadura) y HTA (Hardness Inspection Reports – Reporte De Dureza).



ITEM	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT	REMARKS
1	PIPE A335-P5 SEAMLESS - - - BE 2 IN. S-160	2	11952655	14516 MM
2	90 ELBOW LR A234-WP5 CL. 1 - - BW - 2 IN. S-160	2	11960839	2
3	(D02: A=150L=202; 2IN); (Z02: B=153L=367; 2IN-AH); (C01: L=417; 2IN-SCH80-AH)	2	003-P-DV3-01212	1
4	(Z02: B=158L=300; 2IN-AH); (C01: L=350; 2IN-SCH80-AH); (GR02: 2IN)	2	002-P-DV3-01212	1
5	(GR02: 2IN); (Z02: B=168L=300; 2IN-AH); (C01: L=350; 2IN-SCH80-AH)	2	001-P-DV3-01212	1
6	(H01: 1/8 M12 N=688; M=0; 2IN-AH)	2	007-P-DV3-01212	1

Técnicas Metálicas AS-BUILT
INGENIEROS S.A.C.

DATE: 24-10-16
TMI: [Signature]
ENGINEER: [Signature]
TR: [Signature]
SUPERVISOR TR: [Signature]

Técnicas Metálicas CERTIFICADO PARA FABRICACIÓN
Ingenieros S.A.C.

Firma: [Signature] Fecha: 25-05-16

NOTA 1: USO EXCLUSIVO DE TALLER
NOTA 2: VER PLANO DE SOPORTES: 02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-50-C01
02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-50-Z02

# PARTE - SPOOL	CANT.	PD	SISTEMA DE PINTURA	RAL	M ²
DV3-P-01212-R-50-A	1	0	NP	-	1.99
DV3-P-01212-R-50-B	1	6	NP	-	0.96

TMI - USO EXCLUSIVO DE TALLER

LISTA DE SOLDADURA						LISTA DE CORTE						
SPOOL-ID	SOLD.N°	TAMANO	TIPO	UBICACION	SHOP / FIELD	SPOOL-ID	ITEM	ITEM CODE	TAMANO	LARGO (mm)	PREP. FINAL 1	PREP. FINAL 2
A	01	2"	BW	1-1	FIELD	A	<1>	11952655	2"	10000	BEVEL	BEVEL
A	02	2"	BW	1-1	FIELD	B	<2>	11952655	2"	3695	BEVEL	BEVEL
B	03	2"	BW	1-2	SHOP	B	<3>	11952655	2"	821	BEVEL	BEVEL
B	04	2"	BW	2-1	SHOP							
B	05	2"	BW	1-2	SHOP							
B	06	2"	BW	2"	FIELD / SHOP							

REV. FECHA. DESCRIPCION. PREP. CHECK. STRESS SUPPOR. MTO. APROB. APPR.

PETROPERU PROYECTO DE MODERNIZACION REFINERIA TALARA (PERU)

Técnicas Reunidas NOMBRE UNIDAD UNIT NAME: DV3 MODULO O AREA MODULE OR AREA: R

N° PROYECTO PROJECT N°: 2070

FORMATO SIZE: A3 R LINEA LINE NUMBER: 2"-P-DV3-01212-H63F-T TREN 50

AREA DISEÑO PDS POS DESIGN AREA: DV3R01 N° PLANO DWG N°: 02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-50 REV. 1

LINE ID: DV3-P-01212-R-50
 NUMERO DE MODEL: DV3R0122
 DIA DE EXTRACCION: 17-FEB-2016
 NUMERO DE ARCHIVO: DV3P01212R50

OPERAT.PRESSURE	OPERAT.TEMPER.	DESIGN.PRESSURE	DESIGN.TEMPER.	PIPING SPEC.	PIPE MAT.	INSUL.TYPE	P&I NUMBER	GENERAL NOTES:
3.7 Kg/cm2	329 °C	30.6 Kg/cm2	354 °C	H63F	SI	T	02070-DV3-PRO-PID-012-1	02070-GEN-PNG-SPE-002

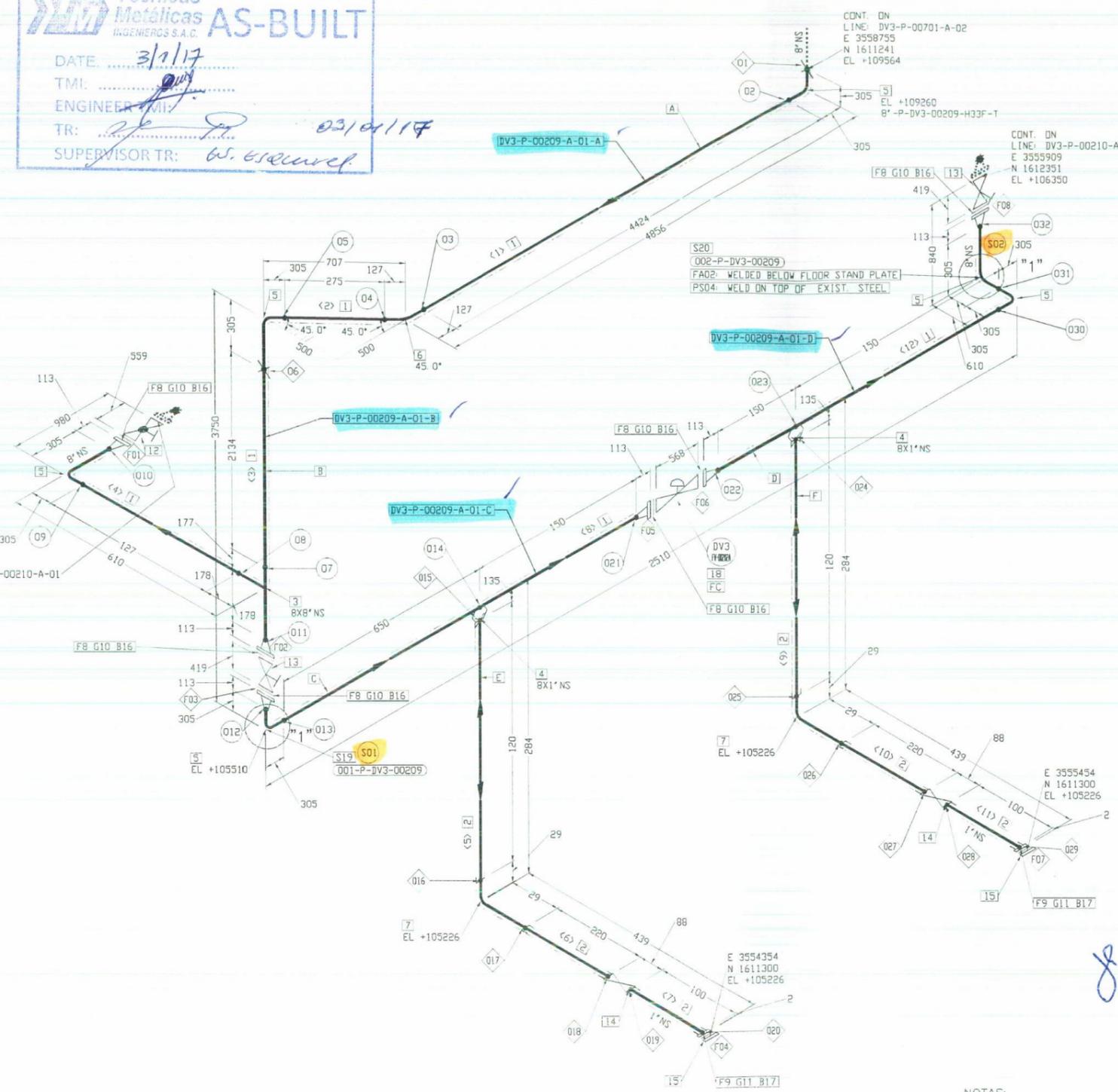
NOTAS:
 EN LAS LINEAS QUE LO REQUIERAN MECANIZAR SOLDADURAS PARA ADAPTARSE A LAS PENDIENTES
 EL TRAZADO DE LAS LINEAS MENORES DE 2" SERA COMPROBADO, SOPORTADO Y AJUSTADO EN CAMPO.

FIGURA N° 06: ISOMETRICO 02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-5-0

Técnicas Metálicas AS-BUILT
INGENIEROS S.A.C.

DATE: 3/1/17
TMI: [Signature]
ENGINEER: [Signature]
TR: [Signature]
SUPERVISOR TR: W. Escudé

NÚMERO DE ARCHIVO: 02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-5-01
 NÚMERO DE PLAN: 01
 DIA DE EXTRACCIÓN: 27-MAY-2015
 DIA DE EXTRACCIÓN: 27-MAY-2015
 NÚMERO DE ARCHIVO: 02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-5-01



ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT	ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT
1	PIPE A335-P5 SEAMLESS ---- BE 8 IN. S-60	8	11578015	8061	MM		
2	PIPE A335-P5 SEAMLESS ---- PE 1 IN. S-160	1	11527490	880	MM		
FITTINGS							
3	EQUAL TEE 90 DEG. A234-WPS CL. 1 - BW - 8 IN. S-60 8 IN. S-60	8X2	11578084	1			
4	SOCKET A182-F5 - - 6000 SW 8 IN. 1 IN.	8X1	1160422	2			
5	90 ELBOW LR A234-WPS CL. 1 - BW - 8 IN. S-60	8	11577772	6			
6	45 ELBOW LR A234-WPS CL. 1 - BW - 8 IN. S-60	8	11577766	1			
7	90 ELBOW A182-F5 - - 6000 SW 1 IN.	1	11525845	2			
ELANGES							
8	WELDING NECK FLANGE A182-F5 - - 300 RF - 8 IN. S-60	8	11577960	6			
9	SOCKET WELD FLANGE A182-F5 - - 300 RF - 1 IN. S-160	1	11526550	2			
GASKETS							
10	SPIRAL WOUND GASKET 304THERMICULL CS-CR304-R 300 BETW.FLG RF 4.5 MM 8 IN.	8	12788908	6			
11	SPIRAL WOUND GASKET 304THERMICULL CS-CR304-R 300 BETW.FLG RF 4.5 MM 1 IN.	1	12788897	2			
VALVES / IN-LINE ITEMS							
12	GLOBE V. FLG. ENDS A217-C5 - - 300 PF N 8 IN.	8	12547829	1			
13	GATE V. FLG. ENDS A217-C5 - - 300 PF N 8 IN.	8	12547783	2			
14	GATE V. FEM. ENDS A182-F5 - - 800 SV N 8 IN.	1	12547810	2			
15	BLIND FLANGE A182-F5 - - 300 RF - 1 IN.	1	11577789	2			
BOLTS							
16	STD BOLT 2HY HX NUT A193 B164 D: .875 IN. L: 5.5 IN. 5.5" BOLT LENGTH	78	11375962	72			
17	STD BOLT 2HY HX NUT A193 B164 D: .875 IN. L: 3.5 IN. 3.5" BOLT LENGTH	50	11375943	6			
INSTRUMENTS							
18	INSTRUMENT	8	DV3V-00202A	1			
SUPPORTS							
19	(FC012-MH300) (SPS-DV3-091) (PS01A-MH300H-225-6IN-SCH80AS)	8	001-P-DV3-00209	1			
20	(PS01A-MH300H-225-6IN-SCH80AS) (PS04A-MH300H-011-HEB110) (SPS-DV3-095) (FA022 (A-M140))	8	002-P-DV3-00209	1			

Técnicas Metálicas CERTIFICADO PARA FABRICACIÓN
INGENIEROS S.A.C.

[Signature]

23-03-16

NOTA 1: USO EXCLUSIVO DE TALLER
NOTA 2: VER PLANO DE SOPORTES: 02070-DV3-PNG-ISO-P-00209-01-FS01

# PARTE - SPOOL	CANT.	PD	SISTEMA DE PINTURA	RAL	M ²
DV3-P-00209-A-01-A	1	32	NP	-	1.35
DV3-P-00209-A-01-B	1	40	NP	-	0.80
DV3-P-00209-A-01-C	1	25	NP	-	0.36
DV3-P-00209-A-01-D	1	33	NP	-	0.36

TMI - USO EXCLUSIVO DE TALLER											
LISTA DE SOLDADURA					LISTA DE CORTE						
SPOOL-ID	SOLD.Nº	TAMANO	UBICACION	SHOP FIELD	SPOOL-ID	ITEM	ITEM CODE	TAMANO	LARGO (mm)	PREP. FINAL 1	PREP. FINAL 2
A	01	3"	BW 5-8	HELD	A	-11	11578015	3"	4424	BEVEL	BEVEL
A	02	3"	BW 5-1	SHCP	A	-29	11578015	3"	275	BEVEL	BEVEL
A	03	3"	BW 1-6	SHCP	A	-31	11578015	3"	2131	BEVEL	BEVEL
A	04	3"	BW 5-1	SHCP	B	-48	11578015	3"	127	BEVEL	BEVEL
A	05	3"	BW 1-5	SHCP	E	-53	11527490	1"	120	SQ.CUT	SQ.CUT
A	06	3"	BW 5-1	HELD	E	-58	11527490	1"	220	SQ.CUT	SQ.CUT
B	07	3"	BW 1-3	SHCP	E	-71	11527490	1"	100	SQ.CUT	SQ.CUT
B	08	3"	BW 3-1	SHCP	C	-39	11578015	3"	300	BEVEL	BEVEL
B	09	3"	BW 1-5	SHCP	F	-39	11527490	1"	120	SQ.CUT	SQ.CUT
B	10	3"	BW 5-6	SHCP	F	-113	11527490	1"	220	SQ.CUT	SQ.CUT
B	11	3"	BW 3-8	SHCP	F	-114	11527490	1"	160	SQ.CUT	SQ.CUT
C	12	3"	BW 8-5	SHCP	D	-121	11578015	3"	300	BEVEL	BEVEL
C	13	3"	BW 5-1	SHCP							
C	14	3"	BW 1-4	SHCP							
C	15	1"	SW 4-2	FIELD							
E	019	1"	SW 2-7	FIELD							
E	017	1"	SW 7-2	HELD							
E	018	1"	SW 2-11	FIELD							
E	019	1"	SW 1-12	HELD							
E	020	1"	SW 2-9	HELD							
C	021	3"	BW 1-8	SHCP							
D	022	3"	BW 8-1	SHCP							
D	023	1"	BF 1-4	SHCP							
D	024	1"	SW 4-2	FIELD							
F	025	1"	SW 2-7	FIELD							
F	026	1"	SW 7-0	FIELD							
F	027	1"	SW 2-11	HELD							
F	028	1"	SW 1-2	HELD							
F	029	1"	SW 2-9	FIELD							
D	030	3"	BW 1-6	SHCP							
D	031	3"	BW 5-3	SHCP							
D	032	3"	BW 5-6	SHCP							

PETROPERU PROYECTO DE MODERNIZACION REFINERIA TALARA (PERU)

Técnicas Reunidas

NOMBRE UNIDAD: DV3
MODULO O AREA: A

Nº PROYECTO: 2070
Nº LINEA: 8"-P-DV3-00209-H33F-T

FORMATO: A3
Nº PLANO: DV3A02

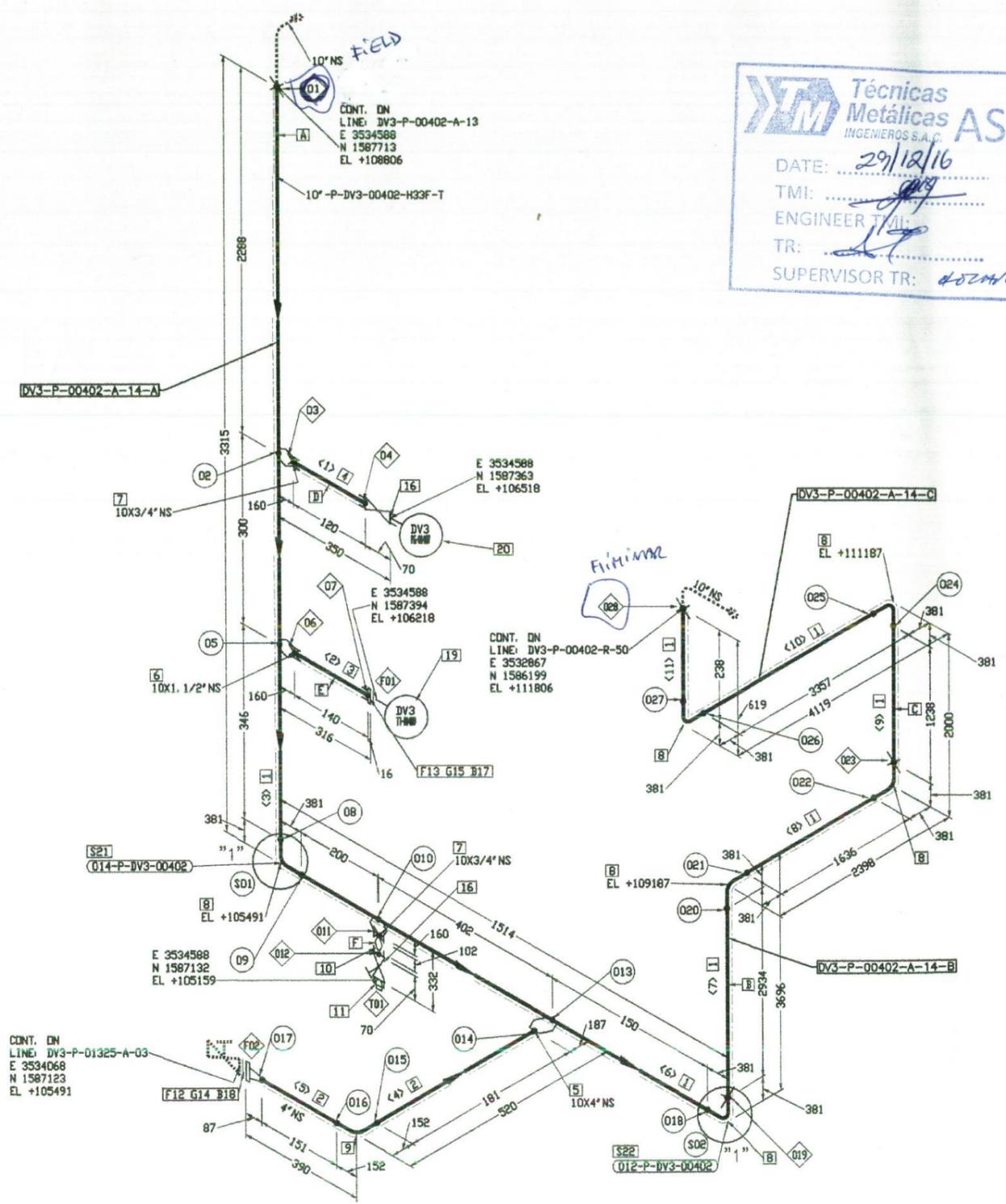
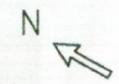
AREA DISEÑO: 02070-DV3-PNG-ISO-P-00209-01

TREN: 01
REV: 0

OPERAT. PRESSURE	OPERAT. TEMPER.	DESIGN PRESSURE	DESIGN TEMPER.	ESPECIF. MATERIAL	TRAT. TERMICO	TIPO AISLAM.	NUMERO DIAGRAMA	NOTAS GENERALES
16.8 Kg/cm2	305 °C	30.6 Kg/cm2	330 °C	H.33F	SI	T	02070-DV3-PRO-PID-002	NOTAS GENERALES: GENERAL NOTES: 02070-GEN-PNG-SPE-002

NOTAS:
EN LAS LINEAS QUE LO REQUIERAN MECANIZAR SOLDADURAS PARA ADAPTARSE A LAS PENDIENTES
EL TRAZADO DE LAS LINEAS MENORES DE 2" SERA COMPROBADO, SOPORTADO Y AJUSTADO EN CAMPO

FIGURA N° 06: ISOMÉTRICO 02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-5-0



Técnicas Metálicas AS-BUILT
 INGENIEROS S.A.C.
 DATE: 29/12/16
 TMI: [Signature]
 ENGINEER TMI: [Signature]
 TR: [Signature]
 SUPERVISOR TR: [Signature]

PIPE	DESCRIPTION	QTY	ITEM CODE	SIZE
1	PIPE A335-P5 SEAMLESS --- BE 10 IN. 8-60	10	11578014	13088 MM
2	PIPE A335-P5 SEAMLESS --- BE 4 IN. 8-60	4	11761045	330 MM
3	PIPE A335-P5 SEAMLESS --- PE 1.5 IN. 8-160	1.1/2	11527491	140 MM
4	PIPE A335-P5 SEAMLESS --- PE .75 IN. 8-160	3/4	11527486	120 MM
FITTINGS				
5	WELDOLET A182-F5 --- BW 10 IN. 8-60 4 IN. 8-60	10X4	11761580	1
6	SOCKOLET A182-F5 --- 8000 BW 10 IN. 1.5 IN.	10X1.1/2	11960396	1
7	SOCKOLET A182-F5 --- 8000 BW 10 IN. .75 IN.	10X3/4	11960394	2
8	90 ELBOW LR A234-WPS CL. 1 - - BW- 10 IN. 8-60	10	11577771	6
9	90 ELBOW LR A234-WPS CL. 1 - - BW- 4 IN. 8-60	4	11761048	1
10	NIPPLE A335-P5 100 MM --- PE .75 IN. 8-160	3/4	12547687	1
11	HEXAGONAL HEAD PLUG A182-F5 --- TMM .75 IN.	3/4	12547437	1
FLANGES				
12	WELDING NECK FLANGE A182-F5 - -300 RF - 4 IN. 8-60	4	11761044	1
13	SOCKETWELD FLANGE A182-F5 - -300 RF - 1.5 IN. 8-160	1.1/2	11528551	1
GASKETS				
14	SPIRAL WOUND GASKET 304THERMICULL CS-CR304-R 300 BETWFLG RF 4.5 MM 4 IN.	4	12788611	1
15	SPIRAL WOUND GASKET 304THERMICULL CS-CR304-R 300 BETWFLG RF 4.5 MM 1.5 IN.	1.1/2	12788698	1
VALVES / IN-LINE ITEMS				
16	GATE V. FEM. ENDS A182-F5 - -800 BW/ THF N 8 .75 IN.	3/4	12547613	2
BOLTS				
17	STD BOLT 2HY HX NUT A193 B184 D: .75 IN. L: 4 IN. 4.0" BOLT LENGTH	3/4	11379951	4
18	STD BOLT 2HY HX NUT A193 B184 D: .75 IN. L: 4.5 IN. 4.5" BOLT LENGTH	3/4	11379952	8
INSTRUMENTS				
19	INSTRUMENT	1.1/2	DV3TT-01409	1
20	INSTRUMENT	3/4	DV3PG-01407	1
SUPPORTS				
21	(FS01;A;M=300;H=350;8IN;SC;H80;AS);(SPS-DV3-121);(FG01;2M=300)	10	014-P-DV3-00402	1
22	(FA02;2B;M=300);(FS01;A;M=300;H=350;8IN;SC;H80;AS);(SPS-DV3-121)	10	012-P-DV3-00402	1

Técnicas Metálicas CERTIFICADO PARA FABRICACIÓN
 Ingenieros S.A.C.
 Firma: [Signature] Fecha: 12-08-16

NOTA 1: USO EXCLUSIVO DE TALLER
 NOTA 2: VER PLANO DE SOPORTES: 02070-DV3-PNG-ISO-P-00402-14-FS01

# PARTE - SPOOL	CANT.	PD	SISTEMA DE PINTURA	RAL	M ²
DV3-P-00402-A-14-A	1	53	NP	-	153
DV3-P-00402-A-14-B	1	36	NP	-	166
DV3-P-00402-A-14-C	1	48	NP	-	174

TMI - USO EXCLUSIVO DE TALLER												
LISTA DE SOLDADURA						LISTA DE CORTE						
SPOOL-ID	SOLD.Nº	TAMARO	TIPO	UBICACION	SHOP	SPOOL-ID	ITEM	ITEM CODE	TAMARO	LARGO (mm)	PREP. FINAL 1	PREP. FINAL 2
A	01	10"	SW	4-1	FIELD	D	<1>	11527489	3/4"	120	SQ.CUT	SQ.CUT
A	02	3/4"	BR	1-7	SHOP	E	<2>	11527491	1.1/2"	140	SQ.CUT	SQ.CUT
D	03	3/4"	SW	7-4	FIELD	A	<3>	11578014	10"	2934	BEVEL	BEVEL
D	04	3/4"	SW	4-16	FIELD	A	<4>	11761045	4"	181	BEVEL	BEVEL
A	05	1.1/2"	BR	1-8	SHOP	A	<5>	11761045	4"	151	BEVEL	BEVEL
E	06	1.1/2"	SW	6-3	FIELD	A	<6>	11578014	10"	752	BEVEL	BEVEL
E	07	1.1/2"	SW	3-13	FIELD	B	<7>	11578014	10"	2934	BEVEL	BEVEL
A	08	10"	SW	1-8	SHOP	B	<8>	11578014	10"	1636	BEVEL	BEVEL
A	09	10"	SW	8-1	SHOP	C	<9>	11578014	10"	1236	BEVEL	BEVEL
A	10	3/4"	BR	1-7	SHOP	C	<10>	11578014	10"	3357	BEVEL	BEVEL
F	011	3/4"	SW	7-10	FIELD	C	<11>	11578014	10"	238	BEVEL	BEVEL
F	012	3/4"	SW	10-18	FIELD							
A	013	4"	BR	1-5	SHOP							
A	014	4"	SW	5-2	SHOP							
A	015	4"	SW	2-9	SHOP							
A	016	4"	SW	9-2	SHOP							
A	017	4"	SW	2-12	SHOP							
A	018	10"	SW	1-8	SHOP							
A	019	10"	SW	8-1	FIELD							
B	020	10"	SW	1-8	SHOP							
B	021	10"	SW	8-1	SHOP							
B	022	10"	SW	1-8	SHOP							
B	023	10"	SW	8-1	FIELD							
C	024	10"	SW	1-8	SHOP							
C	025	10"	SW	8-1	SHOP							
C	026	10"	SW	1-8	SHOP							
C	027	10"	SW	8-1	SHOP							
C	028	10"	SW	1-8	FIELD							

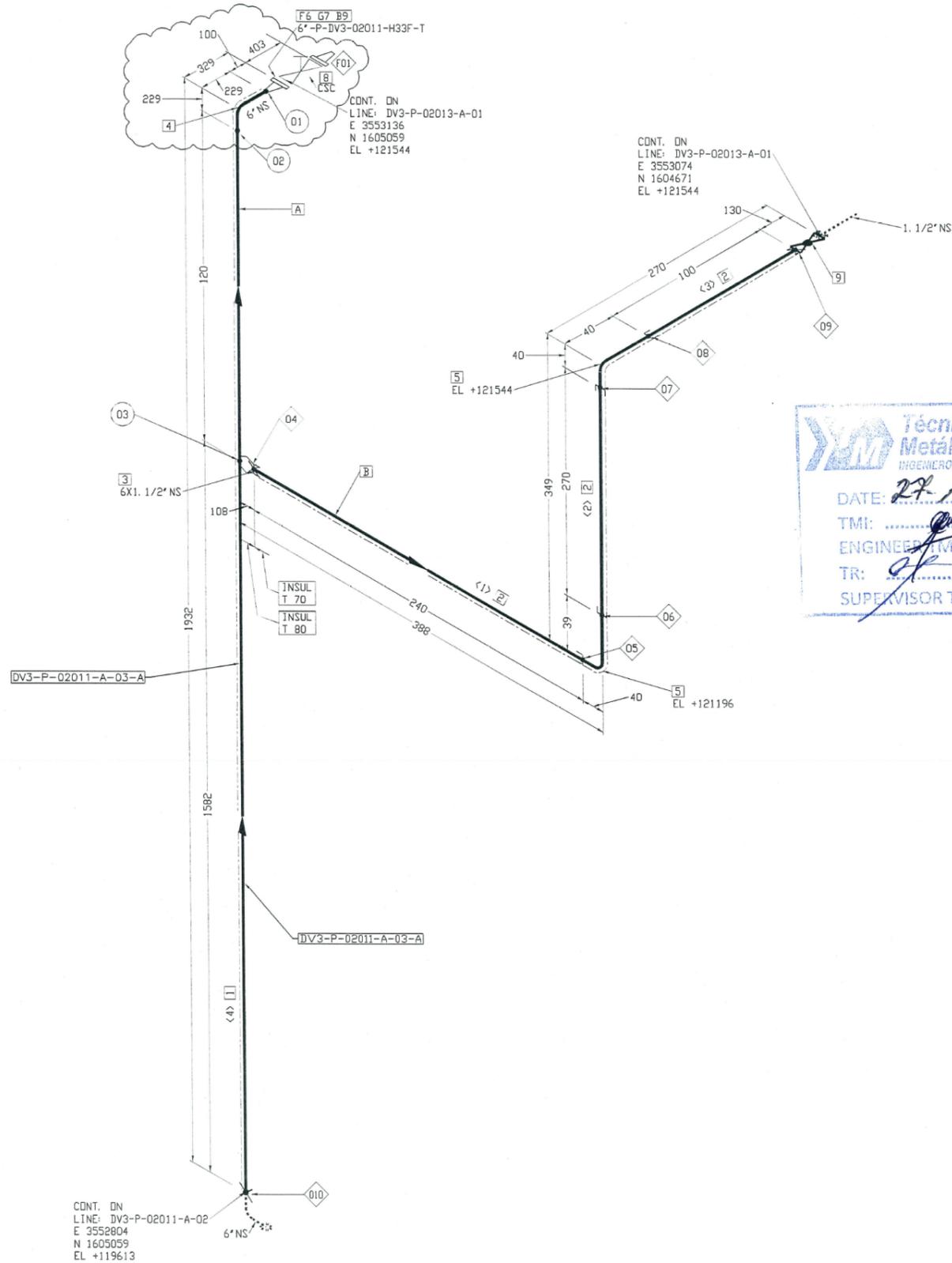
REV	FECHA	DESCRIPCION	PREP.	CHECK	STRESS	MTO	APPROB.
REV	DATE	DESCRIPTION			SUPPOR		APPR.
PETROPERU PROYECTO DE MODERNIZACION REFINERIA TALARA (PERU)							
N PROYECTO PROJECT N°		2070		NOMBRE UNIDAD UNIT NAME		DV3	
MODULO O AREA MODULE OR AREA		A		N LINEA LINE NUMBER		10"-P-DV3-00402-H33F-T	
FORMATO SIZE		A3		N PLANO DWG N°		02070-DV3-PNG-ISO-P-00402-14	
AREA DISEÑO DESIGN AREA		DV3A02		TREN		14	
REV.		0		REV.		0	

NOTAS:
 EN LAS LINEAS QUE LO REQUIERAN MECANIZAR SOLDADURAS PARA ADAPTARSE A LAS PENDIENTES
 EL TRAZADO DE LAS LINEAS MENORES DE 2" SERA COMPROBADO, SOPORTADO Y AJUSTADO EN CAMPO

DIA DE EXTRACCION: 05-AUG-2015
 EXTRACTION DATE: 05-AUG-2015
 NUMERO DE MODELO: PNVJAC0216
 MODEL NUMBER: PNVJAC0216
 LINE ID: DV3-P-00402-A-14
 LINE ID: DV3-P-00402-A-14
 NUMERO DE FICHERO: DV3P00402A14
 FILE NUMBER: DV3P00402A14

OPERAT.PRESSURE	OPERAT.TEMPER.	DESIGN.PRESSURE	DESIGN.TEMPER.	ESPECIF. MATERIAL	TRAT.TERMICO	TIPO AISLAM.	NUMERO DIAGRAMA	NOTAS GENERALES:
OPERAT.PRESSURE	OPERAT.TEMPER.	DESIGN.PRESSURE	DESIGN.TEMPER.	PIPING SPEC.	PHWT	INSUL.TYPE	P&I NUMBER	GENERAL NOTES:
11.4 Kg/cm ²	306 °C	25.8 Kg/cm ²	331 °C	H33F	SI	T	02070-DV3-PRO-PID-014-1	02070-GEN-PNG-SPE-002

FIGURA N° 08: ISOMÉTRICO 02070-DV3-PNG-ISO-P-00402-14 (763)



Técnicas Metálicas AS-BUILT
 INGENIEROS S.A.C.
 DATE: 27-10-16
 TMI: [Signature]
 ENGINEER: [Signature]
 TR: [Signature]
 SUPERVISOR TR: W. SOUTO

Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C. CERTIFICADO PARA FABRICACION
 Firma: [Signature]
 Fecha: 10-10-16

PIPE	DESCRIPTION	QTY	UNIT	WEIGHT
1	PIPE A335-P5 SEAMLESS --- BE 6 IN S-80	6	11761103	1702 MM
2	PIPE A335-P5 SEAMLESS --- PE 1.5 IN S-160	1.1/2	11527491	610 MM
FITTINGS				
3	SOCKETLET A182-F5 --- 6000 SW 6 IN 1.5 IN	2X1.1/2	11600420	1
4	90 ELBOW LR A234-WPS CL. 1 - BW- 6 IN S-80	6	11761109	1
5	90 ELBOW A182-F5 --- 6000 SW 1.5 IN	1.1/2	11525846	2
FLANGES				
6	WELDING NECK FLANGE A182-F5 - 300 RF - 6 IN S-80	6	11761115	1
GASKETS				
7	SPIRAL WOUND GASKET 304THERMICULL CS-CR304-IR 300 BETW.FLG RF 4.5 MM 6 IN.	6	12788907	1
VALVES / IN-LINE ITEMS				
8	GATE V. FLG. ENDS A217-C5 --- 300 RF N 8 IN.	6	12547782	1
BOLTS				
9	STD BOLT 2HY HK NUT A193 B16/4 D. 75 IN L. 5 IN. 5.0" BOLT LENGTH	3/4	11375953	12
VALVES / IN-LINE ITEMS				
10	GLOBE V. FEM. ENDS A182-F5 --- 800 SW N 8 1.5 IN	1.1/2	12547837	1

NOTA 1: USO EXCLUSIVO DE TALLER

# PARTE - SPOOL	CANT.	PD	SISTEMA DE PINTURA	RAL	M ²
DV3-P-02011-A-03-A	1	13.5	NP	-	1.19

TMI - USO EXCLUSIVO DE TALLER												
LISTA DE SOLDADURA					LISTA DE CORTE							
SPOOL-ID	SOLD.N°	TAMAÑO	TIPO	UBICACION	SHOP	SPOOL-ID	ITEM	ITEM CODE	TAMAÑO	LARGO	PREP.	PREP.
					FIELD		< >		(mm)		FINAL 1	FINAL 2
A	01	8"	BW	64	SHOP	B	<1>	11527491	1.1/2"	240	SQ. CUT	SQ. CUT
A	02	8"	BW	41	SHOP	B	<2>	11527491	1.1/2"	270	SQ. CUT	SQ. CUT
A	03	1.1/2"	BR	13	SHOP	B	<3>	11527491	1.1/2"	100	SQ. CUT	SQ. CUT
B	04	1.1/2"	SW	32	FIELD	A	<4>	11761103	6"	1702	BEVEL	BEVEL
B	05	1.1/2"	SW	25	FIELD							
B	06	1.1/2"	SW	52	FIELD							
B	07	1.1/2"	SW	25	FIELD							
B	08	1.1/2"	SW	52	FIELD							
B	09	1.1/2"	SW	29	FIELD							
A	010	8"	BW	1*	FIELD							

REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	PREP.	CHECK	STRESS SUPPOR	MTO	APROB. APPR.
PETROPERU PROYECTO DE MODERNIZACION REFINERIA TALARA (PERU)							
N° PROYECTO PROJECT N° 2070			UNIDAD UNIT NAME DV3		MODULO O AREA MODULE OR AREA A		
FORMATO SIZE A3		R LINEA LINE NUMBER 6"-P-DV3-02011-H33F-T				TREN 03	
AREA DISEÑO PDS DESIGN AREA DV3A02		N° PLANO DWG N° 02070-DV3-PNG-ISO-P-02011-03				REV. 2	

LINE ID: DV3-P-02011-A-03
 NUMERO DE MODEL NUME A0206
 DIA DE EXTRACCION: 12-JAN-2016
 EXTRACTION DATE: 12-JAN-2016
 NUMERO DE FICHERO: DV3P02011A03

12.9 Kg/cm2	294 °C	29.3 Kg/cm2	340 °C	H33F	SI	T	02070-DV3-PRO-PID-020-2	NOTAS GENERALES: GENERAL NOTES: 02070-GEN-PNG-SPE-002
PRESION OPERAC. OPERAT.PRESSURE	TEMPER. OPERAC. OPERAT.TEMPER.	PRESION DISEÑO DESIGN.PRESSURE	TEMPER.DISEÑO DESIGN.TEMPER.	ESPECIF. MATERIAL PIPING SPEC.	TRAT.TERMICO P.WHT	TIPO AISLAM. INSUL TYPE	NUMERO DIAGRAMA P&I NUMBER	

NO REQUIERE SOPORTACION

NOTAS:
 EN LAS LINEAS QUE LO REQUIERAN MECANIZAR SOLDADURAS PARA ADAPTARSE A LAS PENDIENTES
 EL TRAZADO DE LAS LINEAS MENORES DE 2" SERA COMPROBADO, SOPORTADO Y AJUSTADO EN CAMPO

FIGURA N° 09: ISOMÉTRICO 02070-DV3-PNG-ISO-P-02011-03 (1609)

3.1.1 PROCEDIMIENTO DEL PLAN DE ENSAYO

3.1.1.1 PLAN DE ENSAYO PMI (REPORTE DE IDENTIFICACIÓN POSITIVA DE MATERIALES)

A. OBJETIVOS

-  El propósito de presente procedimiento es describir de manera específica la Metodología de la Identificación positiva de materiales (PMI) de materiales mecánicos en sistemas de tuberías, de acuerdo a la práctica recomendada API RP-578.
-  Este procedimiento establece los parámetros necesarios para Identificación Positiva de Materiales Mecánicos (PMI), de acuerdo a la especificación técnica del proyecto Global Practice GP-18-26-01 para el control y verificación de aleaciones metálicas, según especificaciones técnicas de material.

B. ALCANCE

-  Este procedimiento cubre la evaluación de aleaciones metálicas en sistemas de tuberías para los Material de Especificación ASME A335 (P N°5B), ASME A335 P9 (P N°5B), ASME AA335 P22 (P N°5^a) y aceros inoxidable empleados en el alcance del

presente contrato, los cuales deberán ser examinados a una temperatura máxima de 80°C.

- ✚ En caso de adicionarse materiales de fabricación, se anexaran los parámetros específicos correspondientes.
- ✚ Este documento referencia los procedimientos y métodos para el aseguramiento de la composición química de aleaciones metálicas en concordancia con las especificaciones dadas.
- ✚ La evaluación de acero al carbono no es aplicable al presente procedimiento.

C. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La técnica análisis de Fluorescencia de rayos X (X-Ray fluorescence, XRF) es empleada para cuantificar elementos aleantes, de acuerdo a la capacidad de instrumento utilizado, mediante el uso de una fuente de rayos gamma de baja energía que excita el material bajo análisis, el cual emite espectros característicos de rayos X, los cuales pueden ser analizados cualitativa y cuantitativamente.

La ventaja fundamental de ensayo radica en que las muestras no requieren ser desplazadas hasta el laboratorio, ya que los equipos son portátiles y emplean baterías de larga duración.

En general, los requerimientos y el método de ensayo de aleaciones metálicas se encuentran descritos en la práctica recomendada API-RP578.

D. RESPONSABILIDADES

EL REQUISITO DEL PERSONAL

El personal que operé el equipo deberá tener acreditada formación y/o experiencia mínima de 40 horas en el manejo del equipo y su software, y deberá demostrar tener experiencia en el desarrollo del ensayo mediante certificados que lo acredite.

Realiza el ensayo, como evaluar resultados y/o elabora el reporte de resultados deberá contar con certificación nivel II o nivel III en inspección visual.

REQUISITOS FÍSICOS:

El personal involucrado en el método deberá haber aprobado un examen ocular con o sin lentes correctivos para comprobar agudeza visual cercana y de contraste de color, Jaeger J-2 a una distancia de 12 in a 17 in (300 mm a 430mm). El examen ocular de todo personal analista será requerida cada año o menos de ser necesario para demostrar suficiencia.

E. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

IDENTIFICACIÓN POSITIVA DE MATERIALES

Técnicas empleada cualificar aleaciones metálicas especificadas e identificadas apropiadamente según el tipo de aleación.

Inspector en identificación positiva de materiales

Encargado de la ejecución del método XRF en sistemas de tuberías. Se encuentra autorizado para evaluar resultados.

PROGRAMACIÓN DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES

Procedimiento documentado de aseguramiento de calidad para evaluar materiales de aleaciones metálicas (incluyendo soldaduras y accesorios donde se especifique) para verificar la conformidad con el material seleccionado de diseño por el fabricante.

LOTE DE INSPECCIÓN

Grupo de elementos o materiales del mismo tipo de una misma fuente de fabricación en donde se extrae una muestra para ser examinada.

MUESTREO REPRESENTATIVO

Ensayos PMI de una muestra, la cual consta de uno o más componentes seleccionados aleatoriamente de un lote de inspección, la cual deberá ser examinada para evaluar la conformidad del lote.

ALEACIÓN METÁLICA ESPECIFICADA

Cualquier material metálico (incluyendo materiales de aporte en soldadura) que contiene elementos aleantes que son

intencionalmente agregados para mejorar las propiedades mecánicas o físicas, así como su resistencia a la corrosión, o una combinación de estas.

 PMIV (PMI VERIFICADO)

Marcas empleadas para identificar componentes los cuales han sido ensayados y se han emitido su conformidad.

 NO CONFORMIDAD DE MATERIALES

Prueba de identificación positiva de material que resulta en la inconsistencia de la aleación especificada o seleccionada.

 CERTIFICADO DE FÁBRICA TRAZABLE

Documento que permite que cada componente sea identificado de acuerdo al material del cual fue producido.

 DISTRIBUIDOR

Almacén proveedor, de uno o más fabricantes o proveedores, de materiales aleados o componentes.

 **PROVEEDOR DE MATERIAL**

Organización que suministra material y su certificado, pero no realiza ninguna operación destinada a alterar las propiedades de los materiales requeridos según especificación.

 **FABRICANTE**

Empresa encargada de la fabricación de sistemas de tuberías o partes de un sistema de tuberías, definido AME B3.13.

 **PROPIETARIO/USUARIO**

Propietario o usuario de los sistemas de tuberías, el cual ejerce el control sobre la operación, ingeniería, inspección, reparación, alteración pruebas y calificación de los sistemas de tuberías.

F. EQUIPO

 **ESPECTRÓMETRO XRF PORTÁTIL**

- El equipo deberá cumplir los requerimientos de API RP-578 y GP-18-12-01.

- El equipo deberá permitir la evaluación de materiales mecánicos a una temperatura de al menos 80°C.
- El equipo deberá poseer un software para la emisión de informes y visualización de espectros.
- Podrán ser empleados, para fines del presente procedimiento, equipos PMI y marca Thermo Fisher modelo XL2/CL3-800-
- Los equipos empleados deberán contar con certificado de calibración vigente.



PATRÓN ARMY (ANALYTICAL REFERENCE MATERIALS INTERNATIONAL)

- Se deberá contar con el patrón (ARMY) de conocida identidad y composición para verificar la calibración del equipo.
- Las hojas técnicas y certificados de calidad de cada patrón ARMI empleado deberá ser proporcionado.
- Los chequeos en el patrón (ARMY) deberán ser efectuados bajo condiciones

ambientales similares al de la ubicación de las muestras a ensayar.

G. PREPARACIÓN SUPERFICIAL DE LA MUESTRA

- ✚ La superficie de la muestra deberá estar libre de irregularidades superficiales o cuerpos extraños que interfieran con la adecuada examinación.
- ✚ Deberá estar libre de óxido, polvo, grasa, suciedad, proyecciones de soldadura, etc.
- ✚ La limpieza puede ser realizadas empleando escobilla manual o mecánica, presión de aire seco (opcional) y trapo Industrial. Verificar que no se encuentra en hilachas sobre la superficie de la muestra.
- ✚ La limpieza final de la muestra (luego del ensayo) no es requerida.

H. VERIFICACIÓN DEL EQUIPO PREVIO A LA EXAMINACIÓN

- ✚ Deberá verificarse el nivel de batería. Si el equipo posee energía baja, la confiabilidad de los resultados se verá afectada.
- ✚ Se deberá verificar el instrumento mediante pastilla patrón. Dicha tarea deberá ser

realizada al inicio de cada jornada de trabajo, la pastilla deberá ser verificada al menos tres veces de manera consecutiva.

- ✚ Se deberá verificar que la librería contenga la especificación del material a evaluar.
- ✚ Los accesorios tales como cintas y marcadores deberán estar disponibles.
- ✚ Verificar que la temperatura de la superficie a inspeccionar esté dentro de las especificaciones dadas por el fabricante.
- ✚ Si se sospecha algún tipo de daño en el equipo, la batería deberá ser removida y el equipo deberá ser apagado y entregado a los responsables para una adecuada verificación.

I. EXAMINACIÓN DE LA MUESTRA.

- ✚ Antes de usar el equipo, se deberá tomar en consideración las recomendaciones del fabricante; así como el material de seguridad.
- ✚ Se tomarán muestras al material base y soldadura en cada junta que aplique según requerimiento del cliente.

✚ De deberá seleccionar, en el equipo, la librería que contenga la especificación del material a evaluar.

✚ Las muestras deberá ser preparada superficialmente, tal como se indica en el punto 8.0.

✚ Se considera la aplicación de la siguiente manera:

○ 10.5.1. Diámetros mayores a 24": se evaluarán 2 zonas; cada zona consta de 3 puntos de medición (disparos) los cuales son:

- Material Base 1 (MB1)
- Material base 2 (MB2)
- Soldadura (S)

Medición (disparos) las cuales son:

- Material Base 1 (MB1)
- Material base 2 (MB2)
- soldadura (S)

✚ El intervalo entre disparos deberá ser de al menos 30 segundos.

✚ El tiempo de duración por disparos será de 15 segundos.

- ✚ El equipo sólo podrá ser operado por personal entrenado y calificado para el trabajo.
- ✚ El operador es el responsable por la seguridad del equipo; motivo por el cual cuando se encuentre en uso, el operador deberá ser el único que esté en posesión del equipo.
- ✚ El cliente deberá proporcionar la composición química especificada de las muestras a ensayar.
- ✚ Se deberá asegurar la trazabilidad de los elementos inspeccionados mediante la denominación designada por el cliente (N° junta, Isométrico, Sistema, Línea). Por cada junta examinadora documentación técnica del proyecto.

J. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

- ✚ Los resultados de la prueba serán mostrados en la pantalla del equipo, y se deberá hacer uso del Software NITON Data transfer para el análisis de los datos obtenidos.
- ✚ Si los resultados de la muestra coinciden con un ID (tipo de aleación) de la biblioteca del

equipo, se mostrará el ID de la aleación correspondiente.

- ✚ El instrumento reporta resultados de la composición del material en porcentaje de concentración de la muestra, como también indica el error de lectura del porcentaje de concentración de cada elemento encontrado.
- ✚ La transcripción del Reporte deberá ser realizada por un inspector PMI con certificación en inspección visual nivel II/III, de acuerdo a la práctica recomendada SNT - TC 1ª, y con cualquier conocimiento, información o esquema necesario que permita su trazabilidad.
- ✚ Los registros documentados deben ser observados por el área que emite los registros de manera física y digital por el lapso de 1 año.
- ✚ Los registros que generan los equipos pueden ser destruidos una vez que se ha realizado un back up en formato digital.

K. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

El criterio de aceptación estará en conformidad con la especificación técnica de proyecto, Global

Practice GP-18-12-01, tal como se indica a continuación.

L. MODO DE ANÁLISIS

Los valores de los elementos aleantes analizados deberán estar dentro del 10% del valor especificado en el rango según el estándar aplicable (ejemplo: para 5CR, donde el rango admisible es 4-6%, el valor medido fallará si está fuera del rango 3.6.6.6%). Los requerimientos para los elementos aleantes menores son definidos en la nota 1 de la tabla 1 de la especificación GP-18-12-01.

TABLA N° 05: IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

MATERIAL	IDENTIFICACION DEL ELEMENTO	MATERIAL	IDENTIFICACION
C – ½ Mo	Mo	Alloy 20Cb-3	C ⁽²⁾ , Cr, Ni, Mo, Cb, Cu
1 Cr – ½ Mo	Cr, Mo	Brass, Admiralty	Sn
1 ¼ Cr – ½ Mo	Cr, Mo	Brass, Naval	Sn
2 ¼ Cr – Mo	Cr, Mo	Brass, Aluminium	Zn, Al
5 Cr – ½ Mo	Cr, Mo	90/10 Cu/Ni	Cu, Ni
7 Cr – ½ Mo	Cr, Mo	70/30 Cu/Ni	Cu, Ni
9 Cr – 1 Mo	Cr, Mo	Alloy 400	Ni, Cu
12 Cr (Type 405/410S)	C ⁽²⁾ , Cr	Titanium Grades 1 and 2	Ti
12 Cr (Type 410)	Cr	Grade 12 Ti	Ti, Mo ⁽²⁾ , Ni ⁽²⁾
17 Cr (Type 430)	Cr	Grade 16 Ti	Ti, Pd ⁽²⁾
25 Cr (Type 446)	Cr	Grade 26 Ti	Ti, Ru
304	Cr, Ni	Alloy 182	Ni, Cr
304L	C ⁽²⁾ , Cr, Ni	Alloy 600	Ni, Cr
304H	C ⁽²⁾ , Cr, Ni	Alloy 625	Ni, Cr, Mo, Cb, Ti
309L	C ⁽²⁾ , Cr, Ni	Alloy 800	Ni, Cr, Al, Ti
309 CbL	C ⁽²⁾ , Cr, Ni, Cb	Alloy 825	Ni, Cr, Mo, Cu, Ti
310	Cr, Ni	AISI 4140	C ⁽²⁾ , Cr
316/317	Cr, Ni, Mo	AISI 4340	C ⁽²⁾ , Cr, Ni
316L/317L	C ⁽²⁾ , Cr, Ni, Mo	Alloy 2205	Ni, Cr, Mo
321	Cr, Ni, Ti	Alloy 2507	Ni, Cr, Mo
347	C ⁽²⁾ , Ni, Cb	3.5, 5 and 9 Ni	Ni
		Alloy C-276	Ni, Cr, Mo, W
		ASTM A533 Grades B, C, and D	Ni, Mo

3.1.1.2 PLAN DE ENSAYO PHT (PRE HEAT REPORTS- REPORTE PRE CALENTAMIENTO ENSAYO TÉRMICO ANTES DE LA SOLDADURA)

A. OBJETIVO

- ✚ El propósito de este Procedimiento es describir en forma Específica el Método y Técnica de ejecución del Tratamiento Pre Soldadura Localizado, mediante el uso de Resistencias Eléctricas flexibles, para los Material de Especificación ASME A335 Gr (P N°1), ASME A335 P5 (P N°5B), ASME A335 P9 (P N°5B), ASME A335 P11 (P N°4), ASME A335 P22 (P N°5°), y todos los materiales empleados en el alcance del presente contrato. En caso de adicionarse materiales de fabricación, se anexarán los parámetros específicos correspondientes.
- ✚ El presente procedimiento describe la correcta ejecución de las actividades de: Tratamiento pre soldadura.
- ✚ Realizar el tratamiento térmico Pre Soldadura de Uniones Soldadas (Material de Aporte y Zona Afectada por el Calor), elaborados según el WPS y PQR pre establecido, bajo las

Recomendaciones de la Especificación
Estándar NACE 0403-2008.

B. ALCANCE:

Este documento es aplicable para las siguientes actividades:

- ✚ Tratamiento Térmico Pre Soldadura (PHT):
Efectuando en la fabricación en taller y/o en obra, siempre y cuando los Códigos, Normas y Especificaciones así lo requieran.

El presente procedimiento es aplicado para el Tratamiento Térmico Localizado Pre Soldadura, mediante calentamiento por resistencias eléctricas flexibles cerámicas, donde se requieran control y uniformidad de temperatura uniones soldadas a Tope, en esquina, en T, Solape y Borde, con perfiles en Ranura y Filete elaborados durante el proyecto.

C. RECURSOS

✚ PERSONAL

○ REQUISITOS DEL PERSONAL

El personal asignado debe contar con conocimientos de Tratamiento Térmico Localizado Pre Soldadura por Resistencias

Eléctricas Flexibles, Operación de los Equipos de Tratamiento Térmico, Registradores y Metalurgia de los Materiales.

El personal que lleve a cabo la aplicación de este procedimiento deberá encontrarse, como mínimo, con cuatro años de experiencia.

- REQUISITOS FÍSICOS

Los inspectores principales y los inspectores asistentes deberán haber aprobado un examen ocular con o sin lentes correctivos para comprobar agudeza visual cercana y de contraste de color, Jaeger J-2 a una distancia de 12 in a 17 in (300mm a 430 mm) El examen ocular de todo el personal de inspección será requerido cada año o menos de ser necesario, para demostrar suficiencia.

D. EQUIPOS



MÁQUINA DE TRATAMIENTO TÉRMICO:

Se utilizará el método de calentamiento por Resistencias Eléctricas Flexibles Cerámicas

utilizando máquinas de Tratamiento Térmico con programación de ciclo por microprocesador computarizado.

- Sistema de Potencia: Las máquinas de Tratamiento Térmico constan de un transformador de 75 KVA de potencia trifásico con circuito primario alimentado con tensión de red 3 x 380-440V. Frecuencia de 60 Hz. Intensidad de corriente por fase: 115

Sección de cable de alimentación de 16 mm². Conexión a Tierra, mediante 4° cable de sección 16mm².

- Sistema de Comando: Alimentación independiente con transformador de 110V. 750W con protección termo magnética interno y separador electrostático.
- Sistema de Baja Tensión: El secundario del transformador entrega una tensión de 85V flotantes con capacidad de 135° por salida. Cantidad de Salidas: seis (6),

Cantidad de calefactores por salida: tres (3), Cantidad total de calefactores por máquina: dieciocho (18).

- Cables de Baja Tensión:

TABLA N° 06: CARACTERÍSTICAS DE CLAVE DE BAJA TENSIÓN

Sección	: 50 mm ² . Aislación de goma
Conectores de potencia	: Aislados con micarta. Capacidad 200°
Conectores de calefactores	: Aislados con micarta. Capacidad 100°
Cable Compensado de TC	: Tipo K 2 x 0,75 mm ² .
Fichas de conexión de TC	: Compensadas con bornes desiguales.

EQUIPO SOLDADOR DE TERMOCUPLAS

- Equipo de soldadura por descarga capacitiva con las siguientes características:

TABLA N° 07: CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO DE SOLDADURA

Alimentación	: 220v
Batería	: 12v
Descarga	: Capacitiva de 70V
Masa	: Imán Permanente.

LÁPICES DE TEMPERATURA

- Los lápices de temperatura que cambian de color o funden a temperaturas predeterminadas pueden ser usados de acuerdo con el cliente.

- Estos lápices en general funden cuando de temperatura controlar se encuentra por encima de la temperatura indicada en el lápiz. Esto significa que sabemos que la temperatura indicada en el lápiz ha sido alcanzada pero no sabemos cuánto por encima de ella se encuentra. Utilizando una combinación de dos lápices se puede determinar entre qué valores se encuentra la temperatura real. Por supuesto la superficie debe ser accesible.

PROGRAMADORES Y REGISTRADORES DE TEMPERATURA

- La señal de TC expresada en MV se envía a dos tipos de instrumentos:
 - a. Programadores de temperatura, los que han sido programados con los parámetros del ciclo térmico especificando (TLC;VC; TM; T; VE; TLE)
 - b. Gaforregistradores de temperatura, que registran la temperatura de la TC en función del tiempo durante el ciclo térmico.

- Los programadores de ciclo térmico serán el microprocesador, individuales o múltiples del tipo HONEY WELL UDC 2300 con o sin master.

AISLACIÓN TÉRMICA:

- Se utilizará aislación refractaria a base de fibra cerámica de densidad: 8Lb/pie³ (128KG;/m³). Temperatura 1260°C. Espesor. 1”.
- Este aislamiento cubrirá un mínimo de 20 veces el espesor a cada lado de la junta soldada.
- La utilización de lana mineral es aplicable como una segunda capa por encima de una fibra cerámica que se encuentra en contacto con el material caliente con medio de disminuir los costos. Esto se aplica en caso de esferas grandes y/o grandes recipientes calefaccionados internamente por llama (QAV).
- Se utilizará siempre lana mineral teniendo en cuenta que no posea un aglomerante orgánico como ocurre con la lana de vidrio, por ser combustible.

- Siempre que fuese posible se evitará el efecto chimenea colocando tapas en las cañerías que lo requieran siendo éste removido una vez finalizado el trabajo.

E. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

TRABAJOS PRELIMINARES

Los componentes a ser tratados térmicamente deberán poseer los siguientes requisitos:

- Deberán encontrarse libre de grasa, aceites y otros contaminantes
- Deberá contar con un número suficiente de apoyos para impedir deformaciones permanentes, y que a su vez permita un adecuado flujo de calor.
- Determinar las 3 variables de tratamiento térmico pre soldadura:
 - a. Temperatura mínima de Pre Calentamiento
 - b. Temperatura Controlada desde (°C)
 - c. Temperatura Calentamiento (°C)

DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE BANDA DE RESISTENCIA ELÉCTRICA:

- Para conexiones soldadas a una tubería dada, el tratamiento debe realizarse en una banda circunferencial que contenga la conexión cuyo ancho debe ser incrementado en el diámetro de la conexión.
- El ancho de banda será determinado en concordancia con las especificaciones técnicas PP – 02070-I-203-Att01, tomando en consideración las especificaciones NACE SP0403-2008.
- El tratamiento térmico pres soldadura se realizara sobre un ancho de al menos 6 veces el espesor del material a soldar, contando para cda lado de la costura. En todo caso este no será inferior a los 25mm ni a los valores mostrados en la tabla 2 (ancho de banda mínimo a emplear según la especificación NACE SP0403-2008).
- En función del diseño de las juntas y de acuerdo a la tabla 1, los anchos de banda eléctrica que se emplearán serán:

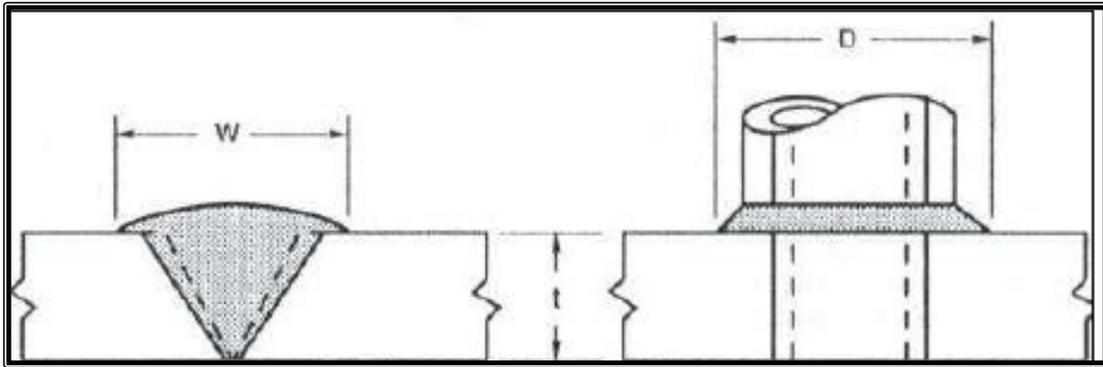


FIGURA N° 10: ANCHO DE CORDÓN DE SOLDADURA Y DIÁMETRO DE TUBERÍAS PARA CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA.

TABLA N° 08: DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE BANDA

Mínimo Ancho de Banda para TTPS Localizado		
Especificación	Diámetro Nominal de la Tubería	Mínimo Ancho de Banda
NACE SP0403-2008	19 a 25 mm (0,75 a 1 pulg)	100 mm (4 pulg)
	38 a 76 mm (1,5 a 3 pulg)	150 mm (6 pulg)
	100 a 150 mm (4 a 6 pulg)	200 mm (8 pulg)
	≥200 mm (≥8 pulg)	$BW=4.12 (R \cdot t)^{1/2} + 51 \text{ mm}$ $BW=4.12 (R \cdot t)^{1/2} + 2 \text{ pulg}$

Donde: BW = Ancho de Banda / R=Radio exterior de la tubería / T=Espesor de pared de la tubería

TABLA N° 09: ANCHO DE BANDA A EMPLEAR

Diámetro Nominal (pulg)	Espesor Nominal (mm)	Ancho de Banda Míni (mm)
2	5,7 – 8,7	150
2 ½	--	150
3	5,5 – 11,1	150
4	6,0 – 11,1	200
6	7,1 – 11,0	200
8	6,4 – 12,7	200
10	6,4 – 15,1	230
12	6,4 – 14,3	250
14	7,9 – 12,7	250
16	7,9 – 12,7	270
18	7,9	250
20	9,5 – 15,1	300
24	9,5 – 17,5	350
26	7,9	300
30	7,9	300
32	9,5	350
40	12,7	400
46	12,7	440
52	12,7 – 14,3	480

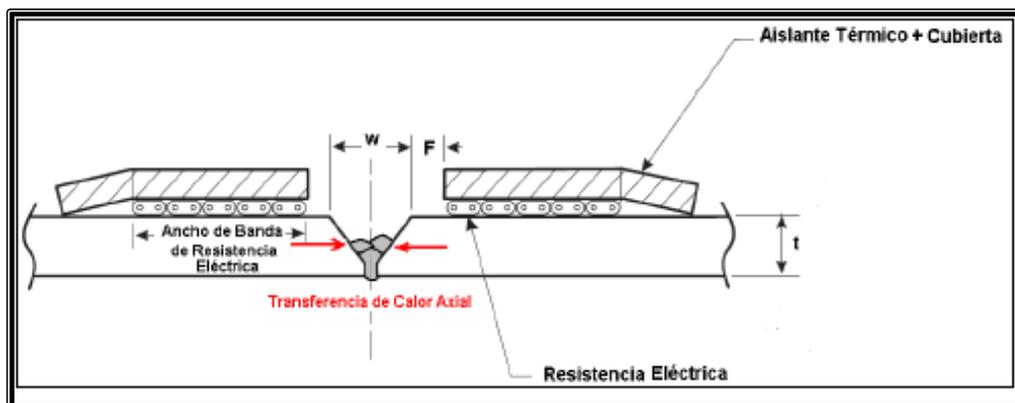


FIGURA N° 11: INSTALACIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA Y AISLANTE TÉRMICO PARA PRECALENTAMIENTO, SEGÚN EL CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA

✚ DETALLES SOBRE LA INSTALACIÓN DE TERMOCUPLAS

- Sólo se utilizará Termocuplas Tipo K (cromo – aluminio) en conjunto con cables compensados tipo K con protección electrostática (blindados).
- Se utilizará cable TC aislado doblemente en seda de vidrio con un diámetro de alambre de 0,8 mm o menor. Una mayor información acerca de TC y su uso puede ser encontrada en ANSI /ISA MC 96 1-82, BS1843, DIN 43714 y IEC 584-3.
- Se utilizan fichas de TC compensadas tipo K con polos desiguales para asegurar la correcta conexión ver cuadro identificador de colores Tabla 3.

- La medición de temperatura se realizará exclusivamente por intermedio de la Termocuplas soldadas únicamente en la zona SAC por descarga capacitiva; la termocuplas no deberán ser amarradas o unidas por otro medio (clavos, alambres, etc). Una vez soldados a la distancia entre los dos polos deberá ser mayor que 5mm y menor que 10mm.
- Las TC soldadas por descarga capacitiva no sufren esos inconvenientes. La ZAC del alambre de la TC es de aproximadamente 1/10mm y la penetración menor de 3/10mm, debido a ello una vez retirada la TC no queda defectos apreciables en la superficie.
- Para el caso en que una soldadura por carga capacitiva ha sido eliminada, se deberá realizar un ensayo de Tinte Penetrante o Partícula Magnética para descartar cualquier daño al material base.

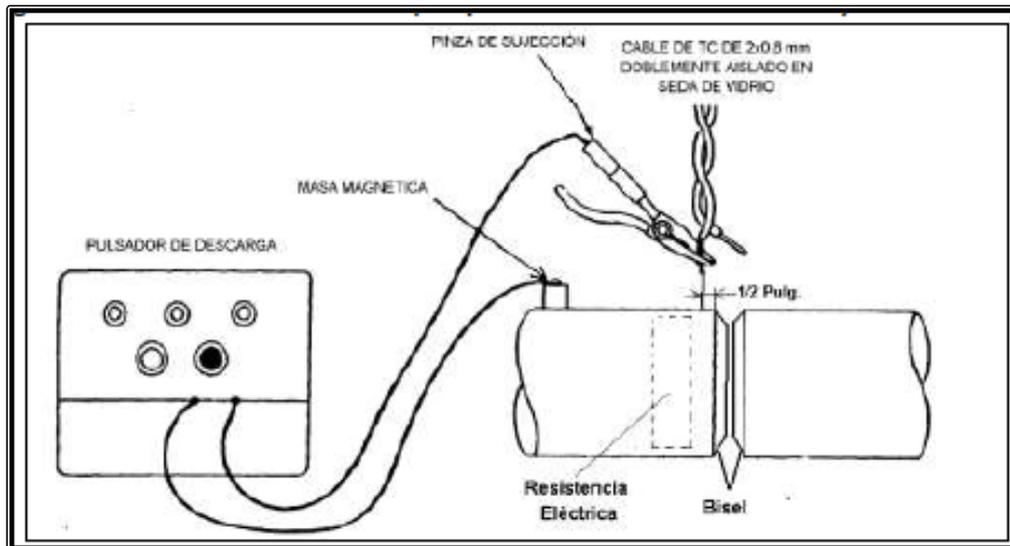


FIGURA N° 12: INSTALACIÓN DE CABLE TERMOCUPLAS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO PRE Y POST SOLDADURA.

✚ IDENTIFICACIÓN DE SOLDADURA Y GRAFO REGISTRADORES

- Cada Unión soldada deberá estar identificada por un número y/o letras sobre el isométrico o planilla de costuras correspondientes.
- Estos números serán utilizados por ADEMINS para identificar el tratamiento precio es la altura correspondiente.
- En caso de existir uniones soldadas en la tubería bajo prueba que no estén identificadas en el isométrico, ADEMINS se notificará antes de hacer la

designación soldada más cercana con el agregado de la letra A,B,C,etc.

PRE-CALENTAMIENTO

Para la aplicación del pre-calentamiento, se llevará a cabo utilizando dos procesos: Por flama y resistencia eléctrica. El proceso de pre- calentamiento con flama aplica para todos los materiales excepto los materiales que tengan un contenido de Cr mayor al 4% en su composición química.

A continuación se describen los procesos:

- PRE-CALENTAMIENTO CON RESISTENCIA ELÉCTRICA:

En caso se realice el pre-calentamiento con resistencias eléctricas cerámicas flexibles se tendrá que cubrir ambos lados de la junta con dichas resistencias, luego aislar éstas con fibra cerámica, conservar la temperatura, así como también se deberá de colocar termopares para controlar la temperatura que se encuentra en el material base.

Se deberá coordinar con los operarios soldadores, para adecuar el enmantado de la junta, de tal manera que no afecte su trabajo o que atente contra su integridad física.

El precalentamiento se registra en el grafo-registrador desde el momento en que se empieza a calentar el material de la junta a soldar, hasta que el operario soldador haya terminado de unir ambas partes, este gráfico será sellado por el operador (sello con identificación de juntas y el del operador) y posteriormente anexado a un registros el cual se elaborara con todas los datos de la junta que ha sido tratada.

El ratio de velocidad de calentamiento será libre, desde temperatura ambiente hasta llegar a la temperatura requerido por el material base y se mantendrá durante el tiempo que dure el proceso de soldadura.

El calentamiento de las resistencias eléctricas cerámicas flexibles tiene una propagación axial así los encargados de calidad de Técnicas Metálicas S.A.C. verificarán con un termómetro láser de temperatura de bisel, donde se depositará el material de aporte.

Se recomienda realizar el precalentamiento por resistencias eléctricas flexibles a materiales cuya temperatura de precalentamiento superan los 100°C.

La temperatura de precalentamiento según la tabla 330.1 del Código ASME B31.3 para los materiales que se van a emplear en este proyecto se especifica en la siguiente tabla:

TABLA N° 10: TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO

ALEACION DE ACERO	TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO	
	ASME B31.1	ASME B31.3
ASME A106 Gr B (P N°1)	.T < 25 mm → 10°C . T ≥ 25 mm → 80°C	.T < 25 mm → 10°C . T ≥ 25 mm → 79°C
ASME A-335 Gr (P 5) – (PN°5B) 5 Cr – 1/2 Mo	200°C	Min 177°C
ASME A-335 Gr (P9) – (PN°5B) 9 Cr – 1 Mo	200°C	Min 177°C
ASME A-335 Gr (P11) – (PN°4) 1.25Cr-0.5Mo-Si	200°C	Min 177°C
ASME A335 P22 (PN° 5 ^a)	200°C	Min 177°C

 **SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

A continuación y en función del tipo de trabajo se evalúan los riesgos potenciales y las acciones de seguridad tomadas con el objeto de eliminarlos o minimizarlos.

TABLA N° 11: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	RIESGO	PROTECCIÓN
Colocación de TC	<ul style="list-style-type: none"> - Raspones - Cortes 	<ul style="list-style-type: none"> - Anteojos de seguridad - Guantes de badana o vaqueta
Fijación de calefactores	<ul style="list-style-type: none"> - Altura - Otro Tratamiento cerca 	<ul style="list-style-type: none"> - Andamios certificados - Arnés de Seguridad con línea de anclaje doble - Guantes de badana o vaqueta
Aislación	<ul style="list-style-type: none"> - Fibra Cerámica en el aire 	<ul style="list-style-type: none"> - Mascarilla anti polvo - Anteojos de seguridad
Conexión de Calefactores (Baja Tensión (85V))	<ul style="list-style-type: none"> - Quemado de cables - Chispas 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de guantes dieléctricos - sujetar cables a puntos fijos - Si el trabajo es sobre andamios, evitar el contacto con la estructura del andamio - Uso de colgadores de madera. - evitar el contacto con la estructura del andamio - Uso de zapatos dieléctricos - - Apoyo de un electricista para dar la facilidad de seguridad eléctrica a los operadores de tratamiento térmico, como uso de extensiones de, conectores industriales y sistemas de
Conexión de Equipo Alta Tensión (380/220V)	<ul style="list-style-type: none"> - Choque eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Cartel de advertencia en cables y equipos. - Sección de cables adecuada - Conexión adecuada - Protección contra humedad - Fusibles adecuados

TABLA N° 12: TC DE CONTROL A EMPLEAR

Tipo de Soldadura	Diámetro Nominal (pulg)	Longitud de Soldadura (nominal en mm)	N° de TC a Utilizar	N° de TC a Registrar
Circunferencial	2	160	1	1
Circunferencial	2 1/2	200	1	1
Circunferencial	3	240	1	1
Circunferencial	4	320	1	1
Circunferencial	6	480	2	2
Circunferencial	8	640	2	2
Circunferencial	10	790	2	2
Circunferencial	12	960	2	2
Circunferencial	14	1100	3	3
Circunferencial	16	1280	3	3
Circunferencial	18	1420	3	3
Circunferencial	20	1580	3	3
Circunferencial	24	1920	3	3
Circunferencial	26	2050	3	3
Circunferencial	30	2400	3	3
Circunferencial	32	2560	3	3
Circunferencial	40	3160	4	4
Circunferencial	46	3700	4	4
Circunferencial	52	4150	5	5

3.1.1.3 PLAN DE ENSAYO PWHT (REPORTE DE TRATAMIENTO TÉRMICO ENSAYO TÉRMICO POST SOLDADURA

A. OBJETIVO

- ✚ El propósito de este Procedimiento es describir en forma Específica el Método y Técnica de ejecución del Tratamiento Térmico Localizado Post Soldadura, mediante el uso de Resistencias Eléctricas flexibles, para los Material Especificación

ASME A106 Gr B (P N°1), ASME A335 P5 (P N°5), ASME A335 P9 (PN°5B), ASME A335 P11 (P N°4), ASME A335 P22 (P N°5°), y todos los materiales empleados en el alcance del presente contrato. En caso de adicionarse materiales de fabricación, se anexaron los parámetros específicos correspondientes.

✚ El presente procedimiento describe la correcta ejecución de las actividades de: Tratamiento de post soldadura.

✚ Realizar el Tratamiento Térmico Post Soldadura de uniones soldadas (Material de Aporte y Zona Afectada por el Calor), elaborados según WPS y QRS pre establecido, bajo las recomendaciones de la especificación estándar NACE 0403-2008.

B. ALCANCE

✚ Este documento aplicable para las siguientes actividades:

- Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT o TTPS): Efectuando en la fabricación en taller y/o en obra, siempre y cuando los Códigos, Normas y especificaciones así lo requiera.

- ✚ El presente procedimiento es aplicado para el Tratamiento Térmico Localizado Post Soldadura, mediante calentamiento por resistencias eléctricas flexibles cerámicas, donde se requieran control y uniformidad de temperatura a uniones soldadas a Tope, en Esquina, en T, Solape y Borde, con perfiles de en Ranura y filete elaboradas durante el proyecto.

C. RECURSOS

✚ PERSONAL

○ REQUISITOS DEL PERSONAL

El personal asignado debe contar con conocimiento de Tratamiento Térmico Localizado Post Soldadura por Resistencias Eléctricas Flexibles, Operación de los Equipos de Tratamiento Térmico Registradores y Metalurgia de los Materiales.

El personal que lleve a cabo la aplicación de este procedimiento deberá encontrarse, como mínimo, con cuatro años de experiencia.

- REQUISITOS FÍSICOS

Los inspectores principales y los inspectores asistentes deberán haber aprobado un examen ocular con o sin lentes correctivos para comprobar agudeza visual cercana y de contraste de color, Jaeger J-2 a una distancia de 12 in a 17 in (300mm a 430 mm) El examen ocular de todo el personal de inspección será requerido cada año o menos de ser necesario, para demostrar suficiencia.

D. EQUIPOS

- ✚ MÁQUINA DE TRATAMIENTO TÉRMICO

Se utilizará el método de tratamiento de calentamiento por Resistencias Eléctricas Flexibles Cerámicas utilizando máquinas de Tratamiento Térmico con programación de ciclo térmico por microprocesador computarizado.

- Sistema de potencia: Las máquinas de Tratamiento Térmico constan de un transformador de 75KVA de potencia trifásico con circuito primario alimentando con tensión de red 3 x 380-440v.

Frecuencia de 60Hz. Intensidad de corriente por Fase 115.

- Sección de cable de alimentación de 16mm². Conexión a Tierra, mediante 4° cable de sección de 16mm².
- Sistema de comando: Alimentación Independiente con transformador de 110v, 750W con protección termo magnética interna y separador electrostático.
- Sistema de Baja Tensión: El secundario de transformador entrega una tensión de 85V flotantes con capacidad de 135° por salida. Cantidad de salida: seis (6), Cantidad de calefactores por salida: tres (3), Cantidad total de calefactores por máquina: dieciocho (18).
- Cables de Baja Tensión:

TABLA N° 13: CARACTERÍSTICAS DE CABLE DE BAJA TENSIÓN

Sección	: 50 mm ² . Aislación de goma
Conectores de potencia	: Aislados con micarta. Capacidad 200°
Conectores de calefactores	: Aislados con micarta. Capacidad 100°
Cable Compensado de TC	: Tipo K 2 x 0,75 mm ² .
Fichas de conexión de TC	: Compensadas con bornes desiguales.

✚ EQUIPO SOLDADOR DE TERMOCUPLAS

- Equipo de soldadura por descarga capacitiva con las siguientes características:

TABLA N° 14: CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO DE SOLDADURA

Alimentación	: 220v
Batería	: 12v
Descarga	: Capacitiva de 70V
Masa	: Imán Permanente.

✚ LÁPICES DE TEMPERATURA

- Los lápices de temperatura que cambian de color o funden a temperaturas predeterminadas pueden ser usados de acuerdo con el cliente.
- Estos lápices en general funden cuando de temperatura controlar se encuentra por encima de la temperatura indicada en el lápiz. Esto significa que sabemos que la temperatura indicada en el lápiz ha sido alcanzada pero no sabemos cuánto por encima de ella se encuentra. Utilizando una combinación de dos lápices se puede determinar entre qué valores se encuentra la temperatura real. Por supuesto la superficie debe ser accesible.

✚ PROGRAMADORES Y REGISTRADORES DE TEMPERATURA

- La señal de TC expresada en MV se envía a dos tipos de instrumentos:
 - a. Programadores de temperatura, los que han sido programados con los parámetros del ciclo térmico especificando (TLC;VC; TM; T; VE; TLE)
 - b. Gafrorregistradores de temperatura, que registran la temperatura de la TC en función del tiempo durante el ciclo térmico.
- Los programadores de ciclo térmico serán del tipo microprocesador, individuales o múltiples del tipo HONEY WELL UDC 2300 con o sin master.
- Los registradores serán potenciometricos o análogo-digital de salidas múltiples (12 (doce) por cada máquina de Tratamiento Térmico). Marca CHINO.

CALEFACTORES

- Se utilizarán calefactores cerámicos flexibles marca STRESSTEEL o similares. La tensión de trabajo es de 80V, LA potencia de 3600W, s/5 W/cm² con aislamiento eléctrico basado en cerámica de alta resistencia a shock térmico, de diversas configuraciones de acuerdo al tipo de Unión soldada a tratar térmicamente. Estos calefactores están indicados para realizar TTPS hasta 800°C.
- Para TTPS a temperaturas superiores (hasta 1100°C) se utilizan calefactores del tipo RIBBON HEATER lo que producen el calentamiento por radiación sin un contacto efectivo con la pieza a tratar. Este tipo de calefactores se utiliza para tratamientos de solubilización de aceros inoxidables del tipo AISE 347.
- Para Tratamiento Térmico del tipo mampara se utilizan calefactores tipo FOUR BANK de 12 KVA de potencia 200V de tensión de trabajo, conectados en estrella a la red trifásica de 380V.

E. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

TRABAJOS PRELIMINARES

Los componentes a ser tratados térmicamente deberán poseer los siguientes requisitos:

- Deberá encontrarse libre de grasa, aceites y otros contaminantes.
- Deberá de contar con un número suficiente de apoyos para impedir deformaciones permanentes, y que a su vez permita un adecuado flujo de calor.
- Determinar las seis variables del ciclo térmico:

- a. Temperatura hasta la cual la velocidad de calentamiento es libre (TLC)
- b. Velocidad de calentamiento (VC)
- c. Temperatura de Mantenimiento
- d. Tiempo de mantenimiento (T)
- e. Velocidad de enfriamiento (VE)
- f. Temperatura por debajo de la cual la velocidad de enfriamiento es libre (TLE)

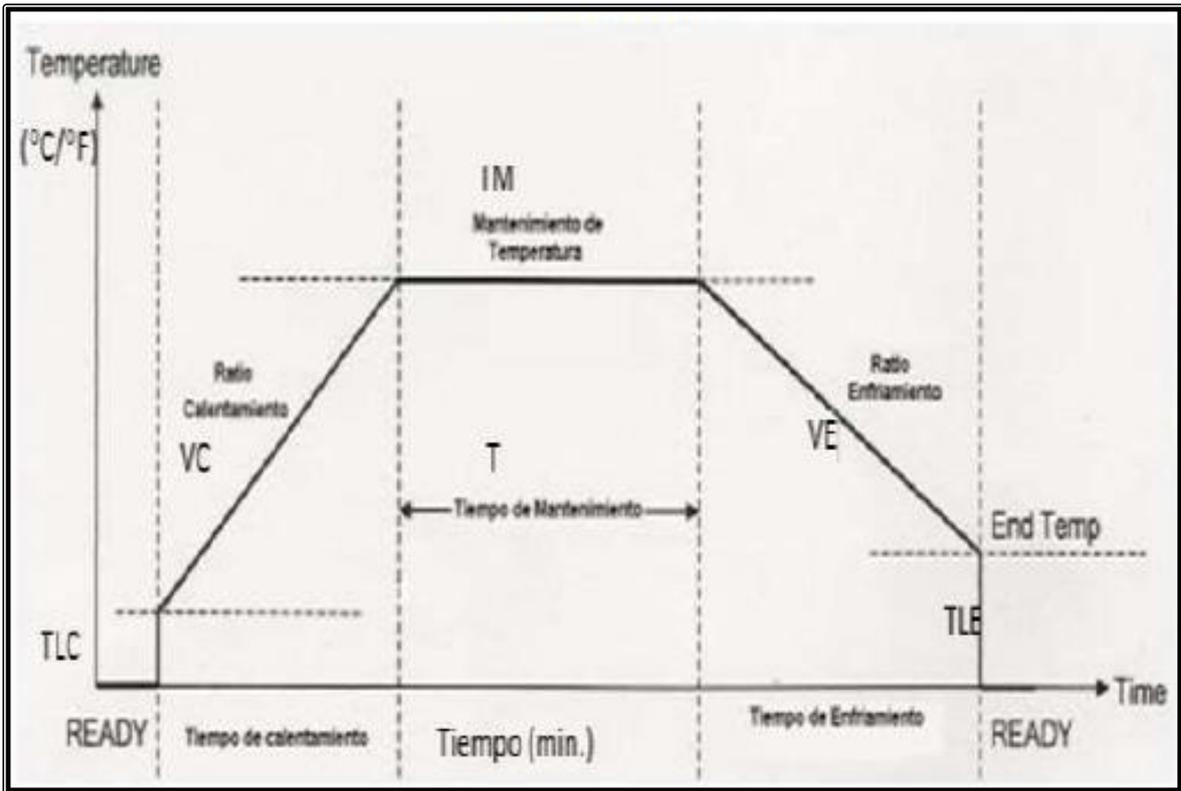


FIGURA N° 13: CICLO TÉRMICO

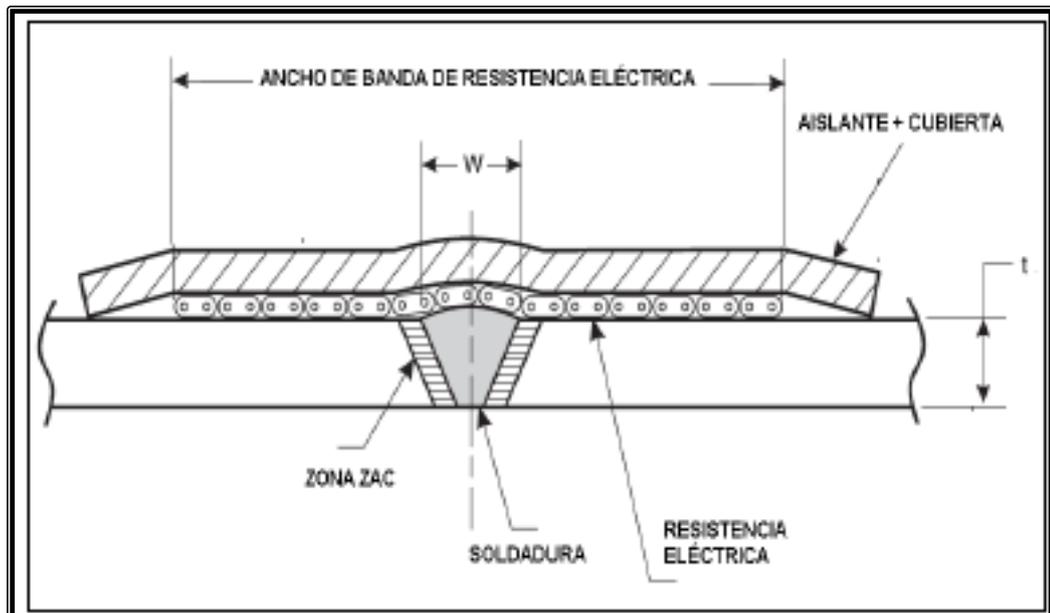


FIGURA N° 14: INSTALACIÓN DE RESISTENCIAS ELÉCTRICA Y AISLANTE TÉRMICO PARA POST CALENTAMIENTO, SEGÚN EL CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA

✚ DETALLES SOBRE LA INSTALACIÓN TERMOCUPLAS

- Sólo se utilizarán termocuplas tipo K (cromo-aluminio) en conjunto con cables compensados tipo K con protección electrostática (blindados)
- Se utilizará cable de TC aislado doblemente en seda de vidrio con un diámetro de alambre de 0,8 mm o menor. Una mayor información acerca de TC y su uso puede ser encontrada en: ANSI/ISA MC 96.1-82, B5 1843, DIN 43714 y IEC 584-3.
- Se utiliza fichas de TC compensadas tipo K con polos desiguales para asegurar la correcta conexión. Ver cuadro identificador de colores tabla 3.
- La medición de temperatura se realizará exclusivamente por intermedio de termocuplas soldadas únicamente en la zona ZAC por descarga capacitiva; la termocuplas no deberán ser amarradas unidas por otro medio (clavos, alambre, etc). Una vez soldados la distancia entre

los dos polos deberá ser mayor de 5 mm y menor que 10mm.

- En caso de que el tratamiento térmico se realice en componentes sin soldaduras la TC se soldará por este mismo método sobre la zona a tratar. La superficie donde se soldará TC se prepara únicamente como lima de mano.
- En la práctica pueden darse diferencias de temperatura de hasta 50°C. Cuando esto ocurre se deberá rehacer el TTPS. Cuando la TC no tiene un efectivo contacto con la zona a tratar podrá haber un exceso de calentamiento.
- Las TC soldadas por descarga capacitiva no sufren estos inconvenientes. La ZAC del alambre de la TC es de aproximadamente 1/10 mm y la penetración menor a 3/10mm, debido a ello una vez retirada la TC no queda defectos apreciables en la superficie.

IDENTIFICACIÓN DE SOLDADURA Y GRAFO REGISTRADORES

- Cada unión soldada deberá estar identificada por un número y/o letras sobre el isométrico o planilla de costuras correspondientes.
- Estos números serán utilizados por ADEMINSA para identificar el tratamiento correspondiente.
- En caso de existir uniones soldadas en la tubería bajo prueba que no estén identificadas en el isométrico, ADEMINSA se notificará antes de hacer la designación de la unión soldada más cercana con el agregado de la letra A, B, C, etc.



VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO PARA TTPS

La existencia de un gradiente térmico radial produce tensiones de compresión y tracción a medida que la velocidad de calentamiento aumenta también lo hace el gradiente térmico y con ello las tensiones internas. Sin embargo mientras no se produzcan fisuras no se produce daño. La experiencia ha demostrado que el gradiente térmico radial no será

excesivo siempre y cuando se mantenga el ancho de banda indicado por los códigos. De todos modos si la diferencia de temperatura través de él espesor no superan los 80°C las tensiones tangenciales no superan los 14 kg/mm² ya sea en tracción o en compresión.

Estas tensiones son aceptables de tal manera que cualquier velocidad de calentamiento que no se produzca un gradiente térmico de más de 80°C es aceptable, a menos que algún código especifique lo contrario.

- Para nuestro caso se trabajará con un Rango de velocidades de calentamiento (VC) comprendido entre 90°C/hora y 150°C/Hora.
- Se tendrá una temperatura libre de calentamiento (TLC) de hasta 300°C.



TEMPERATURA Y TIEMPO DE MANTENIMIENTO DE TTPS

En los Aceros al carbono el TTPS tiene como objetivo disminuir las tensiones residuales. Este proceso es dependiente del tiempo y de la temperatura. Las especificaciones

aplicables muestra los siguientes parámetros de Mantenimiento (tiempo/temperatura)

TABLA N° 15: TEMPERATURA Y TIEMPOS DE MANTENIMIENTO

MATERIAL	PARÁMETRO MANTENIMIENTO	ASME B31.1	ASME B31.3
ASME A106 Gr B (P N°1)	Temperatura	620 °C [1] – 650 °C	Aplicable para espesor > 20 mm: 620 °C [1] – 649 °C
	Tiempo	Hasta 50 mm: 1hr/pulg. Mínimo 15 min. Mayor a 50 mm: 2 hr más 15 min por cada 25 mm adicional sobre los 50 mm	1hr/pulg
ASME A-335 Gr (P N°5) – (P5B) 5 Cr – ½ Mo	Temperatura	705°C [1] – 760°C	Aplicable para espesor > 13 mm: 705 °C [1] – 760 °C
	Tiempo	Hasta 50 mm: 1hr/pulg. Mínimo 15 min. Mayor a 50 mm: 2 hr más 15 min por cada 25 mm	2hr/pulg
ASME A-335 Gr (P N°9) – (P5B) 9Cr – 1Mo	Temperatura	705°C [1] – 760°C	Aplicable para espesor > 13 mm: 705 °C [1] – 760 °C
	Tiempo	Hasta 50 mm: 1hr/pulg. Mínimo 15 min. Mayor a 50 mm: 2 hr más 15 min por cada 25 mm	2hr/pulg
ASME A-335 Gr (P11) – (PN°4) 1.25Cr-0.5Mo-Si	Temperatura	705°C [1] – 760°C	Aplicable para espesor > 13 mm: 705 °C [1] – 760 °C
	Tiempo	Hasta 50 mm: 1hr/pulg. Mínimo 15 min. Mayor a 50 mm: 2 hr más 15 min por cada 25 mm	2hr/pulg
ASME A-335 Gr (P N°22) – (P5A)	Temperatura	705°C [1]– 760°C	Aplicable para espesor > 13 mm: 705 °C [1] – 760 °C
	Tiempo	Hasta 50 mm: 1hr/pulg. Mínimo 15 min. Mayor a 50 mm: 2 hr más 15 min por cada 25 mm	2hr/pulg

VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO TTPS

Las tensiones producidas durante el calentamiento son usualmente relevantes durante el periodo de mantenimiento, mientras que las producidas durante el enfriamiento tienden a permanecer. La velocidad de enfriamiento puede también afectar propiedades tales como dureza y tenacidad. Si bien la aislación es una variable válida para controlar la velocidad de enfriamiento está sólo se utiliza por debajo de TLE con el objetivo de mantener un enfriamiento lento.

SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

A continuación y en función del tipo evalúa los riesgos potenciales y las acciones de seguridad tomadas con el objeto de eliminarlos o minimizarlos.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	RIESGO	PROTECCIÓN
Colocación de TC	<ul style="list-style-type: none"> - Raspones - Cortes 	<ul style="list-style-type: none"> - Anteojos de seguridad - Guantes de badana o vaqueta
Fijación de calefactores	<ul style="list-style-type: none"> - Altura - Otro Tratamiento cerca 	<ul style="list-style-type: none"> - Andamios certificados - Arnés de Seguridad con línea de anclaje doble - Guantes de badana o vaqueta
Aislación	<ul style="list-style-type: none"> - Fibra Cerámica en el aire 	<ul style="list-style-type: none"> - Mascarilla anti polvo - Anteojos de seguridad
Conexión de Calefactores (Baja Tensión (85V))	<ul style="list-style-type: none"> - Quemado de cables - Chispas 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de guantes dieléctricos - sujetar cables a puntos fijos - Si el trabajo es sobre andamios, evitar el contacto con la estructura del andamio - Uso de colgadores de madera. - evitar el contacto con la estructura del andamio - Uso de zapatos dieléctricos - - Apoyo de un electricista para dar la facilidad de seguridad eléctrica a los operadores de tratamiento térmico, como uso de extensiones de, conectores industriales y sistemas de
Conexión de Equipo Alta Tensión (380/220V)	<ul style="list-style-type: none"> - Choque eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Cartel de advertencia en cables y equipos. - Sección de cables adecuada - Conexión adecuada - Protección contra humedad - Fusibles adecuados
Durante Ejecución de TTPS	<ul style="list-style-type: none"> - Calor 	<ul style="list-style-type: none"> - Vallados - Balizamiento y señalización de seguridad que evite contacto de los colindantes - Guantes de soldador
Desarmado de TTPS	<ul style="list-style-type: none"> - Fibra en el Aire - Altura 	<ul style="list-style-type: none"> - Mascarilla anti polvo - Anteojos de seguridad - Vallado - Uso de Arnés de Seguridad con línea de anclaje doble.

TABLA N° 16: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS ASOCIADOS

3.1.1.4 PLAN DE ENSAYO HTA (HARDENESS INSPECTION REPORTS – REPORTE DE DUREZA)

A. OBJETIVO

- ✚ El propósito del presente procedimiento es describir de manera específica la Metodología del Ensayo de Dureza Portátil en

la evaluación de uniones soldadas en Tubería (metal base, soldadura y zona ZAC) obtenida luego del Tratamiento térmico Post Soldadura (PWHT), durante la fabricación de sistemas de tuberías, de acuerdo con el estándar ASTM A956.

- ✚ Este procedimiento establece los requerimientos necesarios para la evaluación de la dureza superficial en sistemas de tuberías, de acuerdo a especificación técnica del proyecto.

B. ALCANCE

- ✚ El presente procedimiento es aplicable a la evaluación de la dureza superficial de uniones soldadas (metal base, soldadura y zona ZAC) en sistemas de tuberías, empleando el tipo de dureza dinámica Leeb.
- ✚ La dureza es obtenida en escala Leeb; no obstante esta puede ser transformada y presentada en otras escalas de dureza (por ejemplo escala Brinell), en concordancia con el estándar de conversión de durezas ASTM E140.

C. RESPONSABILIDADES

✚ El Gerente de Aseguramiento de la Calidad (QA),

- Responsable de la implementación y control del presente procedimiento.

✚ El Inspector NDT Nivel III,

- Responsable de la administración del total de las calificaciones y exámenes del personal NDT.
- Supervisar la inspección realizada por el inspector NDT Nivel I, de acuerdo a los requerimientos e indicaciones del presente procedimiento.
- Responsable de interpretar, evaluar y reportar los resultados de la inspección, de acuerdo a los requerimientos e indicaciones del presente procedimiento, usando los criterios de aceptación correspondientes.

✚ El Inspector NDT Nivel II:

- Responsable de interpretar, evaluar y reportar los resultados de la inspección, de acuerdo a los requerimientos e

indicaciones del presente procedimiento, usando los criterios de aceptación correspondientes.

- Supervisar la inspección realizada por el inspector NDT Nivel I, de acuerdo a los requerimientos e indicaciones del presente procedimiento.
- Responsable de llevar a cabo la inspección de acuerdo a los requerimientos e indicaciones del presente procedimiento.

 El Inspector NDT Nivel I:

- Responsable de llevar a cabo la inspección de acuerdo a los requerimientos e indicaciones del presente procedimiento.

 El Inspector de Control de Calidad (QC):

- Responsable de reportar todas las uniones soldadas que deberán ser inspeccionadas.

 Jefe de Control de Calidad:

- Responsable de supervisar que reporten todas las uniones soldadas que deberán ser inspeccionadas.

D. RECURSOS

PERSONAL

- REQUISITOS DEL PERSONAL:

El personal que opere el equipo, realice el ensayo, evalúe resultados, y/o elabore el reporte de resultados deberá contar con certificación nivel II ó nivel III en inspección visual.

- REQUISITOS FÍSICOS:

El personal involucrado en el método deberá haber aprobado un examen ocular con o sin lentes correctivos para comprobar agudeza visual cercana y de contraste de color, Jaeger J-2 a una distancia de 12 in a 17 in (300 mm a 430 mm). El examen ocular de todo el personal analista será requerido cada año o menos de ser necesario, para demostrar suficiencia.

E. EQUIPOS

DURÓMETRO PORTÁTIL LEEB (EQUOTIP PICCOLO)

- El equipo permite realizar tomas de dureza en todas las direcciones y permitirá compensar automáticamente la dureza en función de la dirección de impacto, en conformidad con la especificación ASTM A956.
- El dispositivo de impacto es tipo D (integrado sin cables).
- El durómetro deberá tener una precisión mínima de ± 6 HLD. Según ASTM A956.
- El equipo permite la obtención de los valores de dureza en otras escalas.
- El equipo permite realizar el ensayo de dureza a tuberías a partir de 3 mm de espesor de pared.

PERCUTOR:

- Se utilizará un percutor del tipo D (El dispositivo de impacto básico utilizado para la mayoría de las pruebas en acero forjado o moldeado, aleaciones de

aluminio, aleaciones de cobre, y hierros forjados), de carburo de tungsteno.

MUESTRA A ENSAYAR:

- El peso de la tubería deberá ser de al menos 5 Kg. Si en caso se ensayan muestras de menor peso, estas deberán ser ensayadas como acopladas.
- El espesor de pared mínimo de la muestra deberá ser 3 mm, si no se proporciona un apoyo adecuado y acople se producir resultados más bajos que el verdadero valor de la dureza.
- El método es aplicable a tuberías a partir de 4 pulgadas de diámetro.
- Tuberías a partir de 1 pulgada de diámetro pueden ser ensayadas empleando anillos soporte.

MATERIALES

- Durómetro portátil: - Marca Proceq, Modelo Equotip Piccolo.
- Bloque de calibración de acero estandarizado.
- Pirómetro.

- Trapos industriales.
- Lija (número 600).

F. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

- El ensayo de dureza portátil (dureza Leeb) emplea un cuerpo de impacto esférico (también llamado percutor) conformado por carburo de tungsteno, nitruro de silicio o diamante; el cual es lanzado, a una velocidad conocida hacia la muestra con la finalidad de analizar la velocidad de impacto y de rebote. La relación entre la velocidad de impacto y rebote es multiplicado por el factor 1000, y el valor obtenido constituye el valor de dureza en escala Leeb
- Este ensayo de dureza es del tipo dinámico o de rebote. De acuerdo a su principio, los resultados son dependientes de las propiedades elásticas y plásticas del material. Dichos resultados serán dependientes del tratamiento térmico al que el material ha sido sometido, y proporcionarán alcances

sobre la resistencia del material. De esta forma, materiales más blandos tendrán una velocidad de rebote inferior al de los materiales más duros.

G. PREPARACIÓN SUPERFICIAL DE LA MUESTRA

- ✚ La superficie de la muestra deberá estar libre de irregularidades superficiales o cuerpos extraños que interfieran con el adecuado ensayo.
- ✚ La limpieza puede ser realizada empleando escobilla mecánica y lija de grano (600).
- ✚ Se deberá verificar que la superficie se encuentra libre irregularidades después de su preparación (óxido, polvo, grasa, suciedad, proyecciones de soldadura, etc.), la rugosidad máxima de la superficie será de 2 μ m.
- ✚ El elemento a inspeccionar debe estar libre de campo magnético residual que pueda afectar los resultados.

H. MÉTODO:

- ✚ Se debe ejercer cuidado para minimizar la exposición del instrumento a condiciones medioambientales adversas al desempeño del instrumento, o que afecten negativamente los resultados de prueba. La temperatura del elemento antes de ensayar debe estar entre 4°C a 38°C como máximo.
- ✚ Se debe mantener el durómetro con una mano sobre la superficie a ser inspeccionada. Asegurarse de que no haya deslizamiento o desplazamiento entre la pieza a inspeccionar y el equipo a utilizar cuando la fuerza sea aplicada.
- ✚ Posicionar el instrumento verticalmente y realizar la carga del percutor con la otra mano. Si en caso se tuviese desalineamiento, esto afectaría considerablemente los resultados.
- ✚ Disparar el percutor hacia la superficie de la pieza.
- ✚ El valor de dureza será mostrado en la pantalla del equipo en la escala de dureza seleccionada (HB).

- ✚ Si en caso se realicen ensayos en diferentes direcciones a la vertical, se deberá seleccionar la dirección correspondiente en el equipo previo al ensayo (el equipo corrige automáticamente la dureza en función de la posición de la prueba).
- ✚ La distancia entre puntos de impacto deberá ser mayor a tres (03) veces el diámetro de la huella, así como también la distancia entre un punto de impacto y el borde de la muestra.
- ✚ Se tendrán cinco (05) zonas de toma de dureza: Material base (1), zona ZAC (2), cordón de soldadura (3), zona ZAC (4) y material base (5). Como se muestra en la Fig. N° 1.

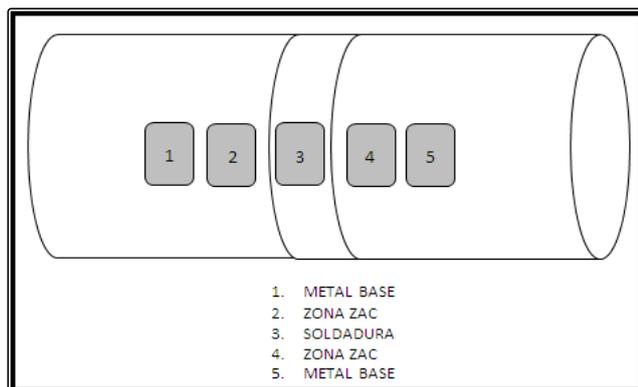


FIGURA N° 15: ZONAS DE TOMA DE DUREZA.

- ✚ Por cada zona de toma de dureza se deberán efectuar cinco (05) tomas de dureza el cual

será promediado. Tal como se muestra en la Fig. N° 2.

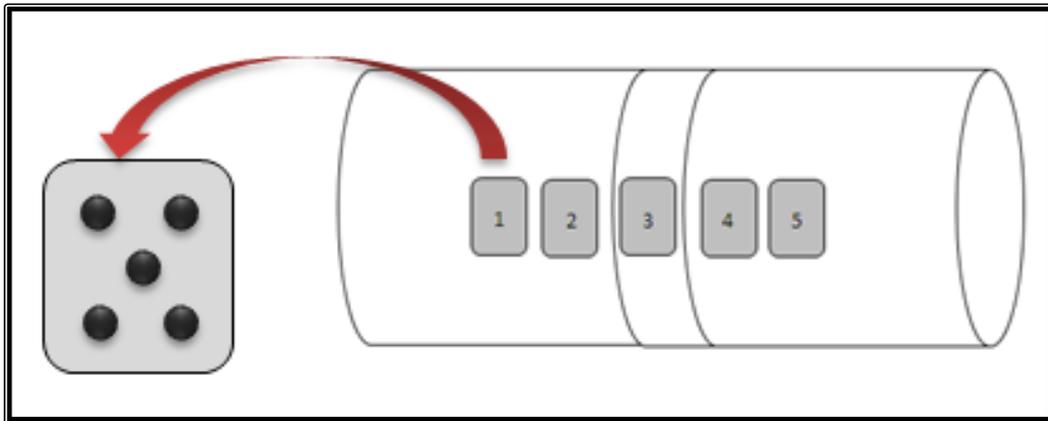
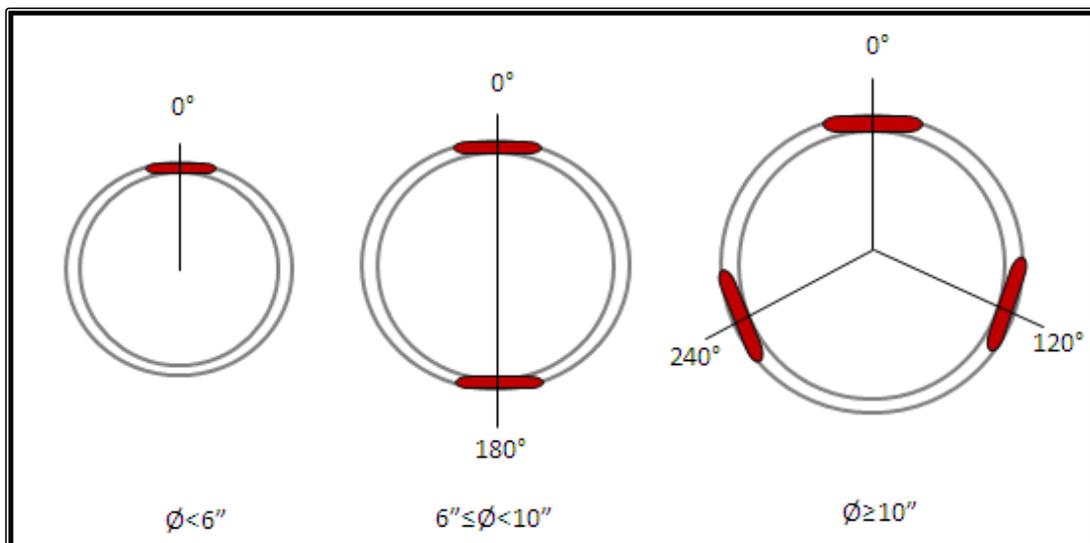


FIGURA N° 16: TOMAS DE DUREZA POR ZONA.

- Para $\varnothing < 6$ pulg se tomará en una sola área a 0° , para \varnothing entre 6 y menor a 10 pulg se tomará en dos áreas diferentes en 0° y 180° y a partir de $\varnothing 10$ pulg se tomará en 3 áreas diferentes en 0° , 120° y 240° . Tal como se muestra en la Fig. N° 3.

FIGURA N° 17: ÁREA DE ENSAYO SEGÚN DIÁMETRO DE TUBERÍA.



I. CÁLCULO DE LA DUREZA SUPERFICIAL:

- ✚ Se deberá reportar el promedio de las cinco (05) lecturas por zona especificada.
- ✚ Si se emplean instrumentos sin compensación automática de la dirección de impacto, se deberá compensar el valor obtenido con los valores especificados en las tablas 1-8 de la especificación ASTM A956.
- ✚ El durómetro portátil (Equotip Piccolo), permite la compensación automática de la dureza en función de la dirección de impacto.

J. ENSAYOS DE DUREZA EN SISTEMAS DE TUBERÍA:

- ✚ Los ensayos de dureza conducidos estarán en concordancia con la especificación técnica de proyecto GP-18-10-01.
- ✚ A menos no se cumpla los requerimientos de la Sección 3.4, Artículo (2) de la especificación GP-18-10-01, se deberá comprobar la dureza en soldaduras de producción iniciales por cada proceso de soldadura y material de aporte. Una vez que la dureza de la soldadura inicial sea verificada, los ensayos subsecuentes de

dureza en producción deberán ser evaluados según se especifica en la Sección 3.6, Artículo (2) de la especificación GP-18-10-01.

✚ Los ensayos de dureza de la producción se llevará a cabo conforme la fabricación progresa. El número mínimo de uniones soldadas a ser examinado para verificar los valores de dureza especificados de los componentes de soldadura (es decir, metal base, soldadura y HAZ) se determinará a partir la Tabla 1.

TABLA N° 17: REQUERIMIENTO DE DUREZA EN COMPONENTES DE TUBERIA SOLDADOS

Material P N°	Componente Soldado	Número mínimo de ensayos de dureza en Juntas soldadas, por apropiada categoría PWHT		
		Materiales que no requieren PWHT	Materiales que han sido tratados localmente	Materiales que han recibido PWHT en Horno
P-1	Soldadura ⁽³⁾	$\frac{1}{3}$ de todas las juntas soldadas	$\frac{1}{6}$ de todas las juntas soldadas	3 juntas soldadas por carga de horno
P-1	Metal Base	Como requerido ⁽¹⁾	Ninguno	Ninguno
P-1	ZAC	Ninguno	Ninguno	Ninguno
P-3, P-4, P-5, P-6 ⁽²⁾ , P-7, P-10A, B, C, F, P-11	Soldadura, Metal Base, ZAC.	$\frac{1}{3}$ de todas las juntas soldadas	100 % de todas las juntas soldadas	10 % de todas las juntas soldadas por carga de horno
Notas:				
(1) Cuando calentamiento y templado en agua es empleado para enderezar o alinear, ensayos de dureza son requeridos solo para tuberías con espesor de pared nominal mayor a $\frac{3}{4}$ pulg. (19 mm). Todas las áreas tratadas de esta manera deberán ser ensayadas.				
(2) Todas las áreas localmente tratadas para doblado o enderezado y no recibe subsecuente PWHT deberá ser ensayado.				
(3) Revisar la Sección 3.4 Artículo 2 de la especificación GP-18-10-01 para excepciones a los ensayos de dureza.				

K. CALIBRACIÓN

- ✚ El equipo de dureza Portátil deberá ser calibrado antes de cada jornada, o cada vez que sea apagado y reencendido.
- ✚ La calibración será efectuada sobre el bloque de calibración de acero Estandarizado.
- ✚ Se deberá acceder al asistente de calibración del equipo y la calibración será efectuada mediante cinco (05) tomas de dureza. El promedio aritmético deberá ser modificado hasta coincidir con la dureza del bloque de calibración. Posterior a ello, la calibración habrá finalizado.
- ✚ La calibración será efectuada en escala de dureza Leeb (HLD) y la dirección de impacto en la calibración deberá ser vertical.
- ✚ La calibración deberá ser comprobada por medio de tres (03) tomas de dureza sobre el bloque de calibración. Si en caso el promedio de dichas tomas está fuera de la precisión del equipo (± 6 HLD), se deberá recalibrar el instrumento.
- ✚ En un trabajo continuo, la calibración del instrumento deberá ser verificada usando bloques de referencia estandarizados.

- ✚ Luego de 1000 impactos aproximadamente, el equipo deberá ser verificado, tal como se indica en la Parte B del estándar ASTM A956.

L. ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

✚ CRITERIO DE ACEPTACIÓN

- Los valores de dureza máximo permitidos en este proyecto dependerán del tipo de aleación evaluado.
- Dichos valores son especificados en la Tabla 2 de este procedimiento, y están en concordancia con los requerimientos adicionales para materiales de la especificación GP-18-10-01 (Tabla N°2), y el estándar Nace MR0103-2013 (tabla N°2).

TABLA N° 18: REQUERIMIENTO DE DUREZA, SEGÚN MATERIAL ESPECIFICADO

ALEACIÓN DE ACERO	DUREZA MÁXIMA REQUERIDA
ASME A106 Gr. B-P1	200 HBW (HBN)
ASME A335 P5 (P N°5B)-(excepto 9Cr-1Mo-V grades)	235 HBW (HBN)
ASME A335 P9 (P N°5B)	248 HBW (HBN)
ASME A335 P22 (P N°5A)	235 HBW (HBN)

- Por cada zona específica se deberán efectuar cinco (05) tomas de dureza y el

promedio deberá ser reportado. Si la variación entre lecturas es mayor a $\square\square$ 15%, ensayos de dureza de tipo Brinell serán requeridos.

- Ensayos de dureza en soldaduras de material P-1 no serán requeridos si cualquiera de las condiciones siguientes son cumplidas:
 - Procesos de soldadura SMAW con electrodos clase E60XX y/o E70XX, según ASME Sec. II SFA 5.1/SFA-5.1M.
 - Proceso GTAW o GMAW con metal de aporte desde ER70-S2 hasta ER70S-4, según ASME Sec. II SFA 5.18/SFA-5.18M.
 - Proceso FCAW usando metal de aporte E7XT-1,-5,-9,-12 con CO₂ ó E7XT- 1M,-5M,-9M,-12M con CO₂ ó Ar/CO₂.
 - Proceso SAW usando combinación de metal de aporte ELX o EMX en concordancia con ASME Sec. II SFA

5.17/SFA-5.17M y fundente neutral proporcionado por el Propietario.

M. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

- ✚ Realizar las charlas de 5 minutos antes del inicio del ensayo
- ✚ Elaborar y realizar el correcto llenado del ATS Y PERMISO DE TRABAJO
- ✚ Uso de equipo de Protección Personal Completo
- ✚ Los ensayos de dureza serán realizados en su totalidad en áreas abiertas.
- ✚ Si la inspección se realizara por encima de andamios, utilizar arnés de seguridad de doble anclaje.

3.2 LOS REGISTRO DE PRUEBAS DE ENSAYOS

Las pruebas END se realizaron con una empresa especialista, en este tipo de Pruebas que tiene Certificadores nivel I y II.

Para el proyecto se ha utilizado las tuberías de diámetro 2'' y 6'', n todos los casos se realizan las pruebas descritas anteriormente.

Para fines de demostración en el presente trabajo consideraremos los reportes:

- Reporte 1 = PMI
- Reporte 2 = PHT
- Reporte 3 = PWHT
- Reporte 4 = HTA

C. PLAN DE ENSAYO PWHT

		TRATAMIENTO TÉRMICO		AD - NDT - SMP - TT - 001	
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TRATAMIENTO TÉRMICO				PÁGINA:	01 de 02
				FECHA:	16/02/2015
				REV.:	02
TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA (PWHT)		PRE CALENTAMIENTO (PRE)		REGISTRO Nº:	
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO:		CUIDANTE:		TÉCNICAS METALÉAS INGENIEROS S.A.C	
PROYECTO:		INSTALACIÓN:		PLANTA 3 - VILLA EL SALVADOR	
ESTÁNDAR:		FECHA:		Agosto 26, 2016	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA A INSPECCIONAR:		PROCEDIMIENTO:		AD - NDT - SMP - PWHT - 001	
CÓDIGO DE SPIDOL:	H77-AM1-01402-A-50-F	TIPO DE MATERIAL BASE:	ASTM A106-B/ASTM A106-BHFACE	DIÁMETRO:	---
TIPO DE JUNTA:	SP	CATEGORÍA DE ELABO:	HTS	PROCESO DE SOLDADURA:	GTAW
CLASE DE MATERIAL:	ASBP			REFUERZO DE SOLDADURA:	2.0 mm
				ISOMETRICO:	02070-HTT-4PG-ISO-AM1-01401-50
				REVISIÓN:	1
				HORA DE INICIO:	08:07 a.m.
				HORA FINAL:	12:11 p.m.
EQUIPOS Y MATERIALES USADOS:					
EQUIPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO:		MARCA:	Marine Stress	MODELO:	PVR2007-B
IDENTIFICACIÓN DEL REGISTRADOR:		ORIGEN:	Canadá	CANAL Nº:	05 Channel
IDENTIFICACIÓN DE RESISTENCIAS:		MARCA:	CHINO	CLASE:	Hybrid Recorder
IDENTIFICACIÓN DE LA TERMOCUPLA:		MODELO:	AH3725-N00	TIPO:	Multi-Point - 72 points
IDENTIFICACIÓN DEL AISLAMIENTO:		MARCA:	Marine Stress	MATERIAL:	Cerámico
		MARCA:	Marine Stress	MODELO:	CP 70
		MARCA:	Marine Stress	TIPO:	Type K
		MARCA:	Thermoc	MODELO:	Rewcol
		TEMP. MAX.:	1250 °C	ANCHO DE BANDA:	0.68 m
				CANTIDAD:	2 unts
				CANTIDAD:	02 unts / Welded
				CANTIDAD:	20mm
				CANTIDAD:	1/4 Box
PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO					
JUNTA:		SOLDADOR:		JUNTA:	
530-001		S-1624			
CONTROL DE PARÁMETROS		REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA	CUMPLE	CONTROL DE PARÁMETROS
				OK or KO	
Temperatura mínima de Pre Calentamiento	N/A	N/A	---	---	Temperatura mínima de Pre Calentamiento
Temperatura Controlada desde (°C)	300	300	---	OK	Temperatura Controlada desde (°C)
Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)	120	120	---	OK	Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)
Temperatura mantenimiento (°C)	640	640	---	OK	Temperatura Calentamiento (°C)
Tiempo de mantenimiento (min)	60	60	---	OK	Tiempo de mantenimiento (min)
Temperatura de enfriamiento (°C)	100	100	---	OK	Temperatura de enfriamiento (°C)
Temperatura controlada hasta (°C)	300	300	---	OK	Temperatura controlada hasta (°C)
NOTA:				NOTA:	
JUNTA:		SOLDADOR:		JUNTA:	
CONTROL DE PARÁMETROS		REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA	CUMPLE	CONTROL DE PARÁMETROS
				OK or KO	
Temperatura mínima de Pre Calentamiento					Temperatura mínima de Pre Calentamiento
Temperatura Controlada desde (°C)					Temperatura Controlada desde (°C)
Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)					Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)
Temperatura Calentamiento (°C)					Temperatura Calentamiento (°C)
Tiempo de mantenimiento (min)					Tiempo de mantenimiento (min)
Temperatura de enfriamiento (°C)					Temperatura de enfriamiento (°C)
Temperatura controlada hasta (°C)					Temperatura controlada hasta (°C)
NOTA:				NOTA:	
JUNTA:		SOLDADOR:		JUNTA:	
CONTROL DE PARÁMETROS		REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA	CUMPLE	CONTROL DE PARÁMETROS
				OK or KO	
Temperatura mínima de Pre Calentamiento					Temperatura mínima de Pre Calentamiento
Temperatura Controlada desde (°C)					Temperatura Controlada desde (°C)
Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)					Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)
Temperatura Calentamiento (°C)					Temperatura Calentamiento (°C)
Tiempo de mantenimiento (min)					Tiempo de mantenimiento (min)
Temperatura de enfriamiento (°C)					Temperatura de enfriamiento (°C)
Temperatura controlada hasta (°C)					Temperatura controlada hasta (°C)
NOTA:				NOTA:	
APROBACIÓN FINAL					
INSPECCIONADO POR:		REVISADO POR:		REVISADO POR:	
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:	
FRMA:		FRMA:		FRMA:	
FECHA:	26/08/16	FECHA:	26/8/16	FECHA:	16/11/16
		ING. JOSÉ C. MELENDEZ RIVERA			
		TÉCNICAS METALÉAS INGENIEROS S.A.C			
		KOTCEV, HANCO, GIBCO			
		WJTY			
					

FIGURA N° 20: PLAN DE ENSAYO PWHT

D. PLAN DE ENSAYO HTA

	INSPECCIÓN DE DUREZA SUPERFICIAL				AD - PWHT - 001					
	REGISTRO DE INSPECCIÓN DE DUREZA				PÁGINA:	01 of 01				
					FECHA:	01/18/2016				
					REV.	1.0				
					REGISTRO N°:					
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO:										
CUENTE:				UNIDAD:						
MÓDULO:				INSTALACIÓN:						
PROYECTO:				FECHA:						
ESTÁNDAR: ASME B31.3, Ed. 2012 TUBERÍA DE PROCESO / ASTM A356				PROCEDIMIENTO:						
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO A INSPECCIONAR:										
CODIGO DE SPOOL:		TIPO DE MATERIAL BASE:		DIÁMETRO:		PROCESO DE SOLDADURA:				
TIPO DE JUNTA:		DISEÑO DE BEVEL:		ESPESORES:		RUGOSIDAD:				
CLASE DE MATERIAL:		CATEGORÍA DE FLUIDO:		ISOMÉTRICO:		REVISIÓN:				
EQUIPOS Y MATERIALES USADOS										
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO (DURÍMETRO)		MARCA:			MODELO:		SERIAL N°:			
		ORIGEN:			TIPO:		FECHA DE CALIBRACION:			
BLOQUE DE CALIBRACIÓN:		MARCA:			MODELO:		SERIAL N°:			
		ORIGEN:			ESCALA:		FECHA DE CALIBRACION:			
							REFERENCIA:			
DUREZAS OBTENIDAS EN CAMPO:										
N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HR)				ANTES DEL PWHT		RESULTADOS	OBSERVACIONES
			MB 1	ZAC 1	SOLDADURA	ZAC 2	MB 2	PROMEDIO		
		0"								
		120"								
		240"								
TEMPERATURA SUPERFICIAL:										
N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HR)				DESPUES DEL PWHT		RESULTADOS	OBSERVACIONES
			MB 1	ZAC 1	SOLDADURA	ZAC 2	MB 2	PROMEDIO		
		0"								
		120"								
		240"								
REPORTE FOTOGRAFICO										
INSPECCIONADO POR: ADEMINSAC			NOTAS:			RESULTADOS				
NOMBRE:			MB : Metal Base ZAC : Zona Afectada por el Color PWHT : Tratamiento Post Tratamiento			A : ACEPTADO R : RECHAZADO				
FIRMA:										
FECHA:										
Las abajo firmantes, certificamos que lo expuesto en este registro, es correcto y que el Elemento o Uniones Soldadas fueron preparadas e inspeccionadas, de acuerdo con los requerimientos de Calidad del Código ASME B31.3 y las Normas ASTM A - 356										
APROBACIÓN FINAL										
REVISADO POR: TÉCNICAS METÁLICAS			REVISADO POR: TÉCNICAS REUNIDAS			APROBADO POR: CPT				
NOMBRE:		D:	NOMBRE:		D:	NOMBRE:		D:		
FIRMA:		M:	FIRMA:		M:	FIRMA:		M:		
FECHA:		A:	FECHA:		A:	FECHA:		A:		

FIGURA N°21: PLAN DE ENSAYO DE DUREZA

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

3.3.1 En el ensayo HTA se resalta:

		REGISTRO N°	HTA-WS-T-0802				
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO							
CLIENTE:	TÉCNICAS METÁLICAS S.A.C.		INSTALACIÓN:	PLANTA 3- VILLA EL SALVADOR			
PROYECTO:	MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA		FECHA:	16/10/2016			
ESTÁNDAR:	ASME B313; Ed. 2012 TUBERIA DE PROCESO		PROCEDIMIENTO:	AD-NDT-SPMI-HT Ed. 1.0 Rev. 4.0			
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO							
CÓDIGO DE SPOOL:	DV3-P-01212-R50-B	TIPO DE MATERIAL:	ASTM A335-PS/ASTM A234-WPS	DIÁMETRO:	2"	PROCESO DE SOLDADURA:	GTAM/FCAW
		BASE:	Cl.1				
TIPO DE JUNTA:	BW	DISEÑO DE BISEL:	V	ESPOSERES:	SCH-160	REFUERZO DE LA SOLDADURA	2.5 mm
TIPO DE JUNTA:	H63F	CATEGORÍA DE FLUIDO:	NPS	ISOMÉTRICO:	02070-DV3-PNGOSP 01212-50		REVISIÓN: 1

TABLA N° 19: DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO HTA

En esta parte de la hoja técnica del Ensayo de dureza vamos a encontrar descripciones sobre el tubo, como que tipo de proceso de soldadura se esta aplicando, diámetro del tubo, espesor, que accesorio esta soldado con el tubo principal, tipo de junta, nombre del spool, isométrico, clase de material, categoria de fluido, Fecha.

- ✚ Proceso de soldadura: GTAW/ FCAW; Esto quiere decir que el elemento ha sido soldado por dos procesos, para la raiz se ha utilizado el proceso GTAW que es un proceso mas limpio de buena apariencia, soldadura homogenea.
- ✚ Proceso de soldadura: FCAW; Proceso que se utiliza para el acabado ya que es un proceso mas rapido para ser soldados los elementos; Es un proceso que no es tan limpio ya que nos deja escoria, salpicadura.

- ✚ Diámetro: 2"; Como se indica en el cuadro tenemos el diámetro del tubo que esta soldado.
- ✚ Material que van a ser soldados: ASTM A335-P5/ASTM A234-WP5 CL.1. En esta parte tenemos los elementos que seran soldados como EL ASTM A335-P5 (TUBO) y el ASTM A234-WP5 CL. 1 (codo).
- ✚ Espesor: SCH-160; Como se indica en el cuadro tenemos el espesor del tubo que esta soldado.
- ✚ Categoria de fluido: NFS
- ✚ Código de spool: DV3-P-01212-R-50-B; Esto quiere decir que el isométrico puede estar dividido por varios tubos (PIPE, SPOOL)
- ✚ Tipo de junta: BW (BUTT); Este tipo de junta es una de las que mas se utiliza en lo que es pipe, conocidas como juntas a tope.
- ✚ Clase de material: H63F
- ✚ ISOMÉTRICO:02070-DV3-ISO-PNG-P-01212-50; Aquí podemos corroborar que el isométrico del plano coincida con el isométrico de la prueba de ensayo y estar seguros que este ensayo corresponda.
- ✚ Fecha: 16/10/2016; Esto es algo muy importante ya que todo proceso de ensayos no destructivos tienen un orden (Pre calentamiento, PMI, tratamiento térmico y el HTA) y este tipo de ensayo es el ultimo que se aplica en los ASTM A335-P5 este se hace despues del tratamiento térmico (PWHT).

DUREZAS OBTENIDAS EN CAMPO												
N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT			ANTES DEL PWHT	X
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requerido	OK or KO	OBSERVACIONES	
3	S-1648	0°	175	195	221	199	160	190	235	OK		
		120°	176	181	211	198	180	189.2	235	OK		
		240°	171	194	218	183	164	186	235	OK		

Comentarios: MB1=ASTM A234-WPS Cl.1 MB2=ASTM A335-PS TEMP. SUPERFICIAL= 30°C DIÁMETRO/ESPESOR=2"/SCH-160

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZ (hb)					ANTES DEL PWHT			ANTES DEL PWHT	X
			MB1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requerido	OK or KO	OBSERVACIONES	
4	S-1648	0°	179	183	204	184	163	182.6	235	OK		
		120°	176	182	202	182	172	182.6	235	OK		
		240°	175	184	209	194	170	186.4	235	OK		

Comentarios: MB1=ASTM A234-WPS Cl.1 MB2=ASTM A335-PS TEMP. SUPERFICIAL= 30°C DIÁMETRO/ESPESOR=2"/SCH-160

TABLA N° 20: RESULTADO DEL ENSAYO HTA

Como se muestra en la imagen aquí tenemos los valores del resultado obtenidos al hacer el ensayo de dureza, nos muestra que juntas han sido examinadas, el soldador, los elementos soldados, y lo mas resaltante de este cuadro es el maximo requerido para este tipo de elemento A335-P5.

✚ Juntas soldada: 03 y 04

✚ Soldador: S-1648

✚ Materiales soldados:

MB 1 = ASTM A234-WP5 CL. 1 Y MB2= ASTM A335-P5

✚ Maximo valor requerido: 235

Este valor es muy importante ya que para este tipo de elemento tiene que llegar a tener este valor mencionado

3.3.2 En el ensayo PHT se resalta:

En esta parte tenemos la misma descripción que en el ensayo de HTA

		REGISTRO N°	PHT-WS-T-0699		
PROYECTO					
TÉCNICAS METÁLICAS S.A.C.		INSTALACIÓN: PLANTA 3- VILLA EL SALVADOR			
MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA		FECHA: Octubre 13, 2016			
ASME B313; Ed. 2012		PROCEDIMIENTO: AD-NDT-SPMI-PWHT-001			
MUESTRA A INSPECCIONAR					
DV3-P-01212-R50-B	TIPO DE MATERIAL: BASE:	ASTM A234-WPS C1.1/ASTM A335 PS	DIÁMETRO:	2"	PROCESO DE SOLDADURA: GTAM/FCAW
BW	DISEÑO DE BISEL:	V	ESPOSERES:	SCH-160	REFUERZO DE LA SOLDADURA 2.5 mm
H63F	CATEGORÍA DE FLUIDO:	NFS	ISOMÉTRICO:	02070-DV3-PNG -ISO-P-01212-50	REVISIÓN: 1

TABLA N° 21: DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO PHT

PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO									
JUNTA: 3		SOLDADOR: S-1648			JUNTA: 4		SOLDADOR: S-1648		
CONTROL DE PARÁMETROS	REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA		CUMPLE	CONTROL DE PARÁMETROS	REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA		CUMPLE
		3	---	OK or KO			5	---	OK or KO
Temperatura mínima de Pre Calentamiento	200	200	---	OK	Temperatura mínima de Pre Calentamiento	200	200	---	OK
Temperatura Controlada desde (°C)	180	180	---	OK	Temperatura Controlada desde (°C)	180	180	---	OK
Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)	N/A	N/A	---	---	Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)	N/A	N/A	---	---
Temperatura de mantenimiento (°C)	200	200	---	OK	Temperatura de mantenimiento (°C)	200	200	---	OK
Tiempo de mantenimiento (min)	N/A	N/A	---	---	Tiempo de mantenimiento (min)	N/A	N/A	---	---
Temperatura de enfriamiento (°C)	N/A	N/A	---	---	Temperatura de enfriamiento (°C)	N/A	N/A	---	---
Temperatura controlada hasta (°C)	N/A	N/A	---	---	Temperatura controlada hasta (°C)	N/A	N/A	---	---
NOTA: HORA DE INICIO: 09:00p.m. HORA FINAL: 11:00a.m.					NOTA: HORA DE INICIO: 09:20p.m. HORA FINAL: 11:15a.m.				

TABLA N°22: RESULTADO DEL PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PHT

En esta parte del ensayo PHT vamos a encontrar los números de juntas, soldador, número de termocuplas, temperatura de mantenimiento, la hora de inicio y hora final por cada junta.

- ✓ Juntas: 03 Y 04
- ✓ Soldador: S-1648
- ✓ Temperatura de mantenimiento: 200 °C

Es la temperatura que tiene que estar el elemento para ser soldado. Hora de inicio y final: 9:00 pm hasta 11:00 am del

- ✓ Este proceso de pre calentamiento dura un aproximado de 10 a 12 horas por junta.

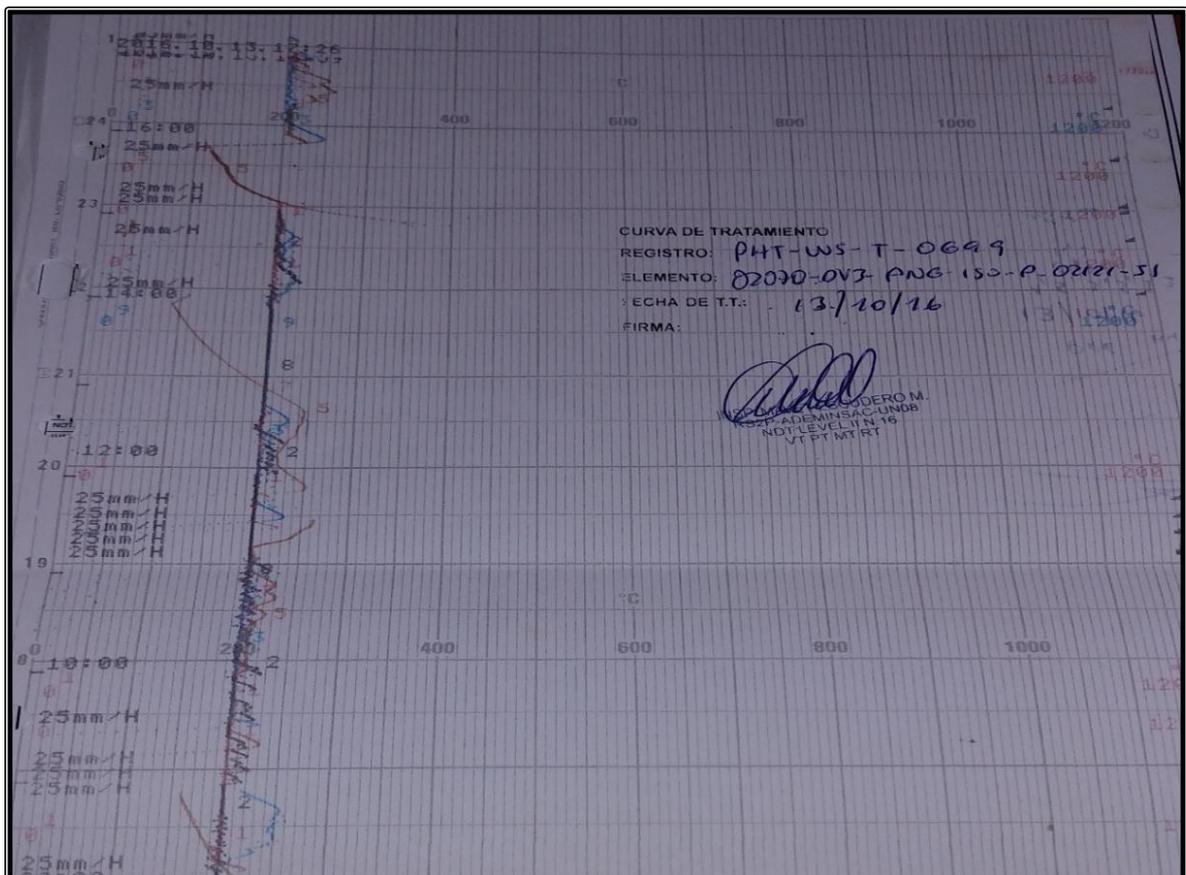


FIGURA N°22: REGISTRO DE USO DE TERMOCUPLAS EN EL ENSAYO PHT

- ✓ Número de termocuplas: se utilizó la termocupla número 3 para la junta 03 y la termocuplas 5 para la junta 04 el número de termocuplas se utiliza de acuerdo al diámetro de la tubería.
- ✓ En esta parte, podemos observar las termocuplas que se utilizó para cada junta, y a la vez se visualiza la hora de inicio y la hora final, como también se puede la observar la temperatura necesaria que es de 200 °C temperatura constante para el pre calentamiento y este el primero de los ensayos que hay que hacer para los tubos ASTM A335-P5.

3.3.3 En el ensayo PWHT se resalta

		REGISTRO N°	PWHT-WS-T-0823				
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO							
CLIENTE:	TÉCNICAS METÁLICAS S.A.C.	INSTALACIÓN:	PLANTA 3- VILLA EL SALVADOR				
PROYECTO:	MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA	FECHA:	Octubre 15, 2016				
ESTÁNDAR:	ASME B31.9 - Ed. 2012	PROCEDIMIENTO:	AD-NDT-SPMI-PWHT - 001				
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO							
CÓDIGO DE SPOOL:	DV3-P-01212-R-50-B	TIPO DE MATERIAL:	ASTM A335-PS/ASTM A234-WPS	DIÁMETRO:	2"	PROCESO DE SOLDADURA:	GTAM
TIPO DE JUNTA:	BW	BASE:	CI.1	ESPOSERES:	SCH-160	REFUERZO DE LA SOLDADURA	2.0 mm
TIPO DE JUNTA:	H63F	CATEGORIA DE FLUIDO:	NPS	ISOMÉTRICO:	02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-50	REVISIÓN:	1
		HORA DE INICIO:	15:29 p.m.	HORA FINAL:	01:47a.m.		

TABLA N° 23: DESCRIPCIÓN DE ENSAYO PWHT

La misma descripción que los anteriores.....

PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO											
JUNTA:	3	SOLDADOR:			S-1648	JUNTA:	4	SOLDADOR:			S-1648
CONTROL DE PARÁMETROS	REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA		CUMPLE	CONTROL DE PARÁMETROS	REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA		CUMPLE		
		9	---	OK or KO			4	---	OK or KO		
Temperatura mínima de Pre Calentamiento	N/A	N/A	---	---	Temperatura mínima de Pre Calentamiento	N/A	N/A	---	---		
Temperatura Controlada desde (°C)	300	300	---	OK	Temperatura Controlada desde (°C)	300	300	---	OK		
Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)	120	120	---	OK	Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)	120	120	---	OK		
Temperatura de mantenimiento (°C)	740	740	---	OK	Temperatura de mantenimiento (°C)	740	740	---	OK		
Tiempo de mantenimiento (min)	120	120	---	OK	Tiempo de mantenimiento (min)	120	120	---	OK		
Temperatura de enfriamiento (°C)	100	100	---	OK	Temperatura de enfriamiento (°C)	100	100	---	OK		
Temperatura contralada hasta (°C)	300	300	---	OK	Temperatura contralada hasta (°C)	300	300	---	OK		

TABLA N° 24: RESULTADO DEL PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PWHT

En esta parte del ensayo PWHT vamos a encontrar los números de juntas, soldador, número de termocuplas, temperatura de mantenimiento, la hora de inicio y hora final por cada junta.

- ✓ JUNTAS: 03 Y 04
- ✓ SOLDADOR: S-1648
- ✓ TEMPERATURA DE MANTENIMIENTO: 740 °C, Es la temperatura que tiene que estar el elemento para después de ser realizado el post poder hacer el ensayo de dureza.
- ✓ Hora de inicio y final: Este proceso de tratamiento térmico dura un aproximado de 4 a 6 horas y todas las juntas tienen la misma hora de inicio y hora final.
- ✓ Número de termocuplas: se utilizó la termocupla número 9.

- ✓ Para la junta 03 y la termocupla 4 para la junta 04 el número de termocuplas se utiliza de acuerdo al diámetro de la tubería.

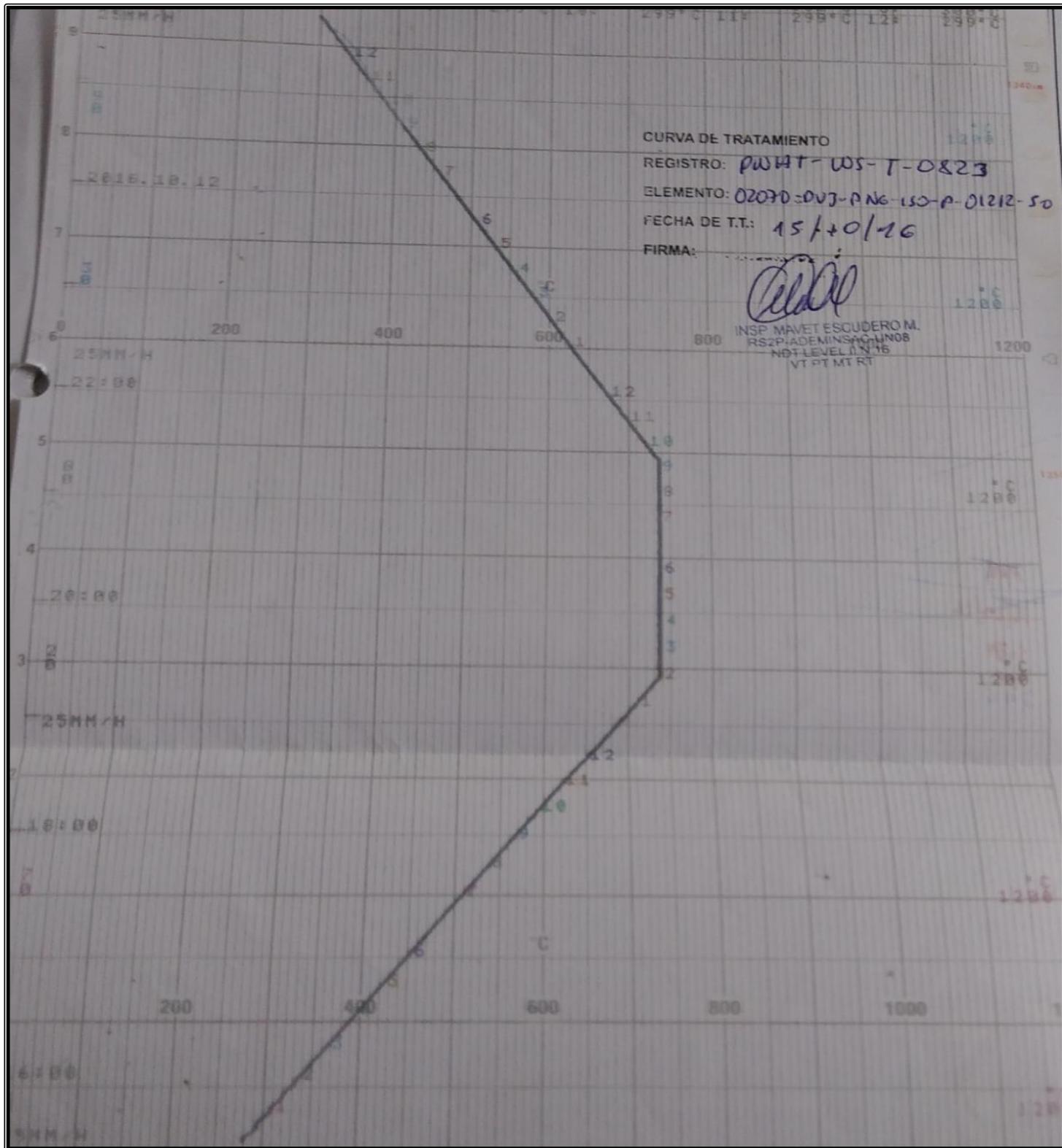


FIGURA N° 23 REGISTRO DE USO DE TERMOCUPLAS EN EL PWHT

En esta parte, podemos observar las termocuplas que se utilizó para cada junta, y a la vez se visualiza la hora de inicio y la hora final, como también se puede la observar la temperatura necesaria que es de 740°C. Temperatura constante para el post tratamiento y este ensayo se hace si o si solo después del pre calentamiento en los tubos ASTM A335-P5, donde se mantiene a 740°C por unas 2 horas y después se va disminuyendo la temperatura

3.3.4 En el ensayo PMI se resalta

		REGISTRO N°	PMI-WS-T-0630				
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO							
CLIENTE:	TÉCNICAS METÁLICAS S.A.C.		INSTALACIÓN:	PLANTA 3- VILLA EL SALVADOR			
PROYECTO:	MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA		FECHA:	20/10/2016			
ESTÁNDAR:	ASME B31.3; Ed. 2012		PROCEDIMIENTO:	AD-NDT-UN08-SPMI-PMI - 001			
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO							
CÓDIGO DE SPOOL:	DV3-P-01212-R-50-B	TIPO DE MATERIAL:	ASTM A335-PS/ A234-WPS	DIÁMETRO:	2"	PROCESO DE SOLDADURA:	GTAM
TIPO DE JUNTA:	BW/SP	BASE:	V	ESPOSERES:	SCH-160	REFUERZO DE LA SOLDADURA	2mm
TIPO DE JUNTA:	H63F	CATEGORIA DE FLUIDO:	NPS	ISOMÉTRICO:	02070-DV3-PNG-ISO-P-01212-50	REVISIÓN:	1

TABLA N° 25: DESCRIPCIÓN DE ENSAYO PMI

LA MISMA DESCRIPCIÓN QUE LOS ANTERIOS.....

REQUERIMIENTO SEGÚN ASME II/HOJA TÉCNICA								
	Cr	Mo	Ni	Cu	F	OTROS		
Límite de Aceptación MAX	6	0.65	---	---	---	---	---	---
Límite de Aceptación MIN	4	0.45	---	---	---	---	---	---

DATOS DE CAMPOS EN JUNTAS SOLDADAS												
											CONFORME	
N° DE JUNTA	ZONA ENSAYADA	UBICACIÓN	TIEMPO	Cr	Mo	Ni	Cu	F	OTROS			OK or KO
3	MB 1	0°	15 seg.	5.407	0.587	---	---	---	---	---	---	OK
	S		15 seg.	5.702	0.532	---	---	---	---	---	---	OK
	MB2		15 seg.	5.259	0.509	---	---	---	---	---	---	OK
	MB1	180°	15 seg.									
	S		15 seg.									
	MB2		15 seg.									
COMENTARIOS: CLASIFICACIÓN: E81T1-B6M/ER805-B6 MAT1: A234-WPS CI.1 MAT2: A335-PS DIÁMETRO/ESPESOR: 2 SCH-160												
4	MB 1	0°	15 seg.	4.379	0.571	---	---	---	---	---	---	OK
	S		15 seg.	4.862	0.494	---	---	---	---	---	---	OK
	MB2		15 seg.	4.594	0.581	---	---	---	---	---	---	OK
	MB1	180°	15 seg.									
	S		15 seg.									
	MB2		15 seg.									
COMENTARIOS: CLASIFICACIÓN: E81T1-B6M/ER805-B6 MAT1: A234-WPS CI.1 MAT2: A335-PS DIÁMETRO/ESPESOR: 2 SCH-160												

TABLA N° 26: HOJA TÉCNICA – REQUERIMIENTO SEGÚN ASME II

En esta parte encontraremos los niveles de cromo y molibdeno que debe de tener este tipo de material ASTM A335-P5, las juntas que han sido examinadas, el material de aporte que necesita espesor. para este tipo de material, los materiales que se han examinados, diámetro y su:

- ✓ Límites de aceptación: Cr

En este material tenemos que el nivel de cromo varía entre 4% y 6% es muy importante ya que cada material tiene diferentes niveles de cromo.

- ✓ Límites de aceptación: Mo

Los niveles de aceptación del molibdeno son de 0.45% y 0.65% para el A335-P5

- ✓ Material de aporte: ER80S-B6 Y E81T1-B6M

Esto nos indica que se ha soldado con dos tipos de procesos GTAW (ER80S-B6) Y GTAW (soldadura correcta ya que cada elemento tiene diferente material de aporte.

- ✓ Diámetro: 2"

- ✓ Espesor: SCH-160

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL

- ✚ Se concluye que este plan de ensayo no destructivo garantiza la calidad de fabricación en tubos aleados ASTM A335-P5, a ser utilizados en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- ✚ Se concluye que si fue posible desarrollar un plan de ensayo no destructivo sobre tubos aleados ASTM A335-P5, a ser utilizados en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara, estos ensayos aplicados son el PMI, el PHT, el PWHT y HTA.
- ✚ Se concluye que si fue comprobar la aplicación del plan de ensayo no destructivo sobre tubos aleados ASTM A335-P5, a ser utilizados en el proyecto de modernización de la Refinería de Talara. Evidencia de esto lo tenemos en el Capítulo 3.3 de este proyecto de ingeniería.

RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda profundizar estudios referentes a este proyecto de ingeniería a fin de determinar otros tipos de plan de ensayos no destructivos aplicables a tubos aleados ASTM A335-P5.
- ✚ Se recomienda formalizar la aplicación del plan de ensayo propuesto en la Empresa Técnicas Metálicas SAC, a fin de garantizar la mejora en la calidad de productos desarrollados.
- ✚ Se recomienda realizar una evaluación integral respecto a los procedimientos actuales de ensayo, ya que existe evidencia de errores cometidos al momento de ejecutarlos.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ **QUIROZ, E.** (2014). Gestión del proceso de ensayos no destructivos en el área de mantenimiento Mina - Yanacocha. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- ✚ **CORREA, C.** (2010). Los ensayos no destructivos como herramienta del ingeniero, en la fabricación de recipientes de presión. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- ✚ **HERRERA, B.** (2014). Inspección de tuberías descarga de concentrado de cobre de 22" por medio de un equipo de ultrasonido. (Tesis de Pre Grado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- ✚ **PAZOS, N.** (2005). Tecnología de los metales y procesos de Manufactura. Caracas, Venezuela: MINIPRES
- ✚ **NUÑEZ, A.** (2004). Comportamiento Mecánico de los Materiales. Barcelona, España: REY
- ✚ **FEILER, K.** (2003). Tecnología de los metales para profesiones técnico - mecánicas. Barcelona, España: REVERTE.
- ✚ **NUÑEZ, A.** (2004). Comportamiento Mecánico de los Materiales. Barcelona, España: REY
- ✚ **AEND** (2002). Ensayos no destructivos, Líquidos Penetrantes. Madrid, España: COFEMETAL
- ✚ **MARTINEZ, N.** (1992). Practica de ciencias de los Materiales. Murcia, España: BLANCA
- ✚ **MOLERA, A.** (2001). Tratamientos técnicos de los Metales. Barcelona, España: MARCOMBO

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

<https://chirinosilveroger.files.wordpress.com/2012/05/trabajo-de-ensayos-no-destructivos.pdf>

IMPORTANCIA DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-07-07_01-05-16106361.pdf

TESIS: SUPERVISIÓN DE CALIDAD EN LA PREFABRICACIÓN Y MONTAJE DE TRES PLANTAS EN LA RECONFIGURACIÓN DE LA REFINERÍA GENERAL LÁZARO CÁRDENAS DEL RÍO, DE LA CIUDAD DE MINATITLÁN

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30362/1/AdamMedinayFdzZente-no.pdf>