

Universidad Nacional
“José Faustino Sánchez Carrión”



“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE TUBOS DE ACEROS ASTM-P5 PARA
GARANTIZAR LA CALIDAD DEL MATERIAL EN EL PROYECTO DE
MODERNIZACIÓN DE LA REFINERÍA TALARA

“TESIS”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
METALURGICO

Autor:

VARGAS MARTINEZ, Ederson Halec

Asesor:

M(a). NATIVIDAD HUASUPOMA, Delicia Eufemia

CIP: 85351 DNU: 300

Huacho - Perú

2018

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo se le agradecerle a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la universidad por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

PENSAMIENTO

“Para descubrir en nosotros mismos lo que son las cosas es preciso olvidar lo que creemos ya saber.”

Rubert De Ventos

INDICE GENERAL

CARATULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PENSAMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURA	viii
ÍNDICE DE TABLA.....	ix
ÍNDICE DE ANEXO	x
GLOSARIO DE ABREVIATURA.....	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I.....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. Problema General.....	18
1.2.2. Problemas Específicos.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivo Específico.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.5 DELIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	20
15.1. Delimitación Temporal.....	20
15.2. Delimitación Espacial.....	20

1.6	VIABILIDAD DEL ESTUDIO.	20
	CAPITULO II	21
	MARCO TEÓRICO	21
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	21
2.1.1.	Investigación Relacionada con el Estudio.	21
2.2.	BASES TEÓRICAS.	25
2.2.1.	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.	25
2.2.2.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	33
2.2.3.	CALIFICACIÓN Y NIVELES.	35
2.2.4.	INSPECCIÓN VISUAL.....	37
2.2.5.	APLICACIONES	38
2.2.6.	NORMA ASTM A335-P5.	39
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.	49
2.4.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	52
2.4.1.	Hipótesis General.	52
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	52
	CAPITULO III	53
	METODOLOGÍA	53
3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO.	53
3.1.1.	Tipo de Investigación.	53
3.1.2.	Enfoque de la Investigación.	53
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.	53
3.2.1.	Población.....	53
3.2.2.	Muestra.....	53
3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.....	54
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	55
3.5.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	56
	CAPITULO IV	57
	RESULTADOS	57

4.1.	TRATAMIENTO TÉRMICO.	57
4.1.1.	Tratamiento térmico después de las juntas soldadas.	57
4.2.	RESULTADO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.	58
4.2.1.	Resultado de la identificación de las composiciones químicas.	58
4.2.2.	Resultado de la dureza después del tratamiento térmico.	61
CAPITULO V		65
DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		65
5.1.	DISCUSIÓN.....	65
5.2.	CONCLUSIONES.	68
5.3.	RECOMENDACIONES.	70
CAPITULO V		71
FUENTE DE INFORMACION		71
6.1.	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.	71
ANEXO		73

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Tuberías aleadas ASTM A335-P5	39
Figura 2. Diagrama de equilibrio de fases sistema.....	45
Figura 3. Micrografía a 1000x fe + 0.8% c ferrita + cementita globular	46
Figura 4. Micrografía a 1000x Fe + 0,8% C	47

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Composición química (%) para el grado principal.....	42
Tabla 2. Propiedades mecánicas.....	43
Tabla 3. Requisitos del alargamiento	43
Tabla 4. Requisitos tratamiento térmico.....	44
Tabla 5. Operacionalización de variables.....	54
Tabla 6. Procedimiento de tratamiento térmico junta 3	57
Tabla 7. Procedimiento de tratamiento térmico junta 4	58
Tabla 8. Requerimiento según ASTM.....	59
Tabla 9. Resultado de la soldadura y el tratamiento térmico de los ensayos química.	60
Tabla 10. Durezas obtenidas en campo ensayo 3.....	61
Tabla 11. Durezas obtenidas en campo ensayo 4	61

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Matriz Consistencia General.....	74
Anexo 2. Matriz Consistencia Especifico	75
Anexo 3. Registro de uso de termocuplas en el ensayo PHT.....	76
Anexo 4. Registro de uso de termocuplas en el PWHT	77
Anexo 5. Plan de ensayo THA	78
Anexo 6. Plan de ensayo PWHT	79
Anexo 7. Plan de ensayo THA-1	80
Anexo 8. Plan de ensayo HTA-2.....	81
Anexo 9. Plan de ensayo PMI-1	82
Anexo 10. Plan de ensayo PMI-2.....	83

GLOSARIO DE ABREVIATURA

%	:	Porcentaje
AE	:	Emisión acústica
ASME	:	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
ASTM	:	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
END	:	Ensayo no destructivo
ET	:	Electromagnetismo
HTA	:	Inspección de dureza superficial
ICNDT	:	Sociedad Americana para Ensayos No Destructivos
ICNDT	:	Comité Internacional para Ensayos No Destructivos
ISO	:	Organización Internacional de Normas
mm	:	Milímetros
MPa	:	Mega pascales
MT	:	Partículas magnéticas
pág	:	Página
págs	:	Páginas
PHT	:	Tratamiento térmico
PMI	:	Inspección positiva de materiales
PND	:	Pruebas no destructivas
PT	:	Líquidos penetrantes
PWHT	:	Tratamiento térmico post soldadura
RT	:	Radiografía industrial
SAE	:	Sociedad de Ingenieros de Automoción
UT	:	Ultrasonido industrial

VT	:	Inspección visual
ZAC	:	Zona afectada de calor
ZF	:	Zona fundida

RESUMEN

En el presente estudio el objetivo es Aplicar los ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, para garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara. Tipo de investigación por su naturaleza documentada y de campo, con un enfoque de acuerdo su característica análisis causa efecto, proceso probatorio y generador de resultados.

Respecto al estudio se tiene los siguientes, en el tratamiento térmico se realizaron con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento de 740°C. Por otra parte en los resultado del estudio sobre el PMI se tiene en los ensayos, para el ensayo S01-Z01 de 2.783% Cr (4.5%-6.0%), y de 0.466% Mo (0.45%-0.65%); en el ensayo J-01 el resultado es de 4.695% Cr (4.5%-6.0%), y 0.549% Mo (0.45%-0.65%), en el ensayo J-02 el resultado es de 4.752% Cr (4.5%-6.0%), y 0.576% Mo (0.45%-0.65%) encontrándose dentro los parámetros de control.

Respecto al ensayo THA, se obtuvieron los ensayos en promedio de, para S03-C01(S-1674) de 124HB (max. 200HB), S04-C01 de 123HB (max. 200HB), S03-C01(S-835) de 162HB (max. 235HB), para S03-Z02 de 159HB (max. 235HB), para el ensayo 14 de 134HB (max. 200HB), para la 25 en promedio de 136HB (max. 200HB), el ensayo 27 la dureza de 133HB (max. 200HB), en el ensayo 5 la dureza es de 134HB (max. 235HB) y en el ensayo 7 la dureza es en promedio de 134HB (max. 235HB) encontrándose dentro de los parámetros de control.

Con los resultados obtenidos se cumplen con los objetivos establecidos en el presente estudio.

Palabra clave: Control de calidad mediante ensayo no destructivos, Ensayo no destructivos en aceros especiales, Ensayo de control de calidad en aceros aleados.

ABSTRACT

In the present study the objective is to apply the non-destructive tests of steel tubes ASTM A335-P5, to guarantee the quality of the material in the modernization project of the Talara Refinery. Type of research by its documented nature and field, with a focus according to its characteristic analysis cause effect, probatory process and results generator.

Regarding the study, we have the following, in the heat treatment were carried out with a speed of 120 ° C / Hr, time of 120 minutes and with a treatment temperature of 740 ° C.

On the other hand, in the results of the PMI study, we have in the tests, for the S01-Z01 trial of 2.783% Cr (4.5% -6.0%), and 0.466% Mo (0.45% -0.65%); in the J-01 test the result is 4.695% Cr (4.5% -6.0%), and 0.549% Mo (0.45% -0.65%), in the J-02 test the result is 4.752% Cr (4.5% - 6.0%), and 0.576% Mo (0.45% -0.65%) being within the control parameters.

Regarding the THA test, tests were obtained on average of, for S03-C01 (S-1674) of 124HB (max 200HB), S04-C01 of 123HB (max 200HB), S03-C01 (S-835) of 162HB (max 235HB), for S03-Z02 of 159HB (max 235HB), for the test 14 of 134HB (max 200HB), for the average 25 of 136HB (max 200HB), the test 27 the hardness of 133HB (max 200HB), in test 5 the hardness is 134HB (max 235HB) and in test 7 the hardness is on average 134HB (max 235HB) being within the control parameters.

With the results obtained, the objectives established in this study are met.

Keyword: Quality control through non-destructive testing, Non-destructive testing in special steels, Quality control test in alloyed steels.

INTRODUCCIÓN

En la industria se requiere con frecuencia la fabricación de elementos con materiales con propiedades mecánicas altas para cumplir con los requerimientos del servicio en la industria del hidrocarburo.

En la familia de aceros ferríticos resistentes se encuentran los aceros ASTM 335. El procedimiento incorrecto y tratamientos térmicos inadecuados suelen ser los responsables de estas fallas (Newell, 2010).

Las mayores causas de falla en uniones soldadas se deben a: Formación de ferrita delta, Segregación de impurezas, Crecimiento excesivo del grano austenítico primario, Formación de una zona intercrítica debido al enfriamiento desde la zona de estructura dúplex (austenítico-ferrítica). Además de estas heterogeneidades microestructurales la soldadura genera microrregiones que a su vez difieren en su composición química. Estas modificaciones microestructurales y microquímicas tienen lugar en volúmenes muy pequeños dentro de la zona fundida (ZF) y en la zona afectada por el calor (ZAC) (Vijayalakshmi, 1999). Para mantener las condiciones que aseguren un buen comportamiento, tanto el ciclo térmico de la soldadura como el tratamiento térmico post soldadura (PWHT) deben ser controlados.

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.

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.

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 serian perdidas económicas debido a penalidades impuestas por la empresa contratante, en este caso Petro Perú, por incumpliendo de protocolos o ensayos que garanticen la calidad funcional de la infraestructura metálica. En virtud a ello se plantea el problema que se describe en el planteamiento del problema para el presente estudio.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿En qué medida los ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5 nos garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Si se aplica el ensayo PHT (tratamiento térmico pre soldadura) y el uso de material de aporte ER80S-B6 Y E81T1-B6M, nos permitirá aplica el ensayo PMI (identificación positiva de materiales) y garantizar las composiciones químicas que este dentro de los límites permisibles de estándares de calidad?
- ¿Si se aplica el ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura), nos garantizara el uso de ensayo THA (reporte inspección de dureza) y la dureza del material que estén dentro de los límites permisibles de estándares de calidad?

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Aplicar los ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, para garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara.

1.3.2. Objetivo Específico.

- Aplicar el ensayo PHT (tratamiento térmico pre soldadura) y el uso de material de aporte junta ER80S-B6 Y E81T1-B6M, para garantizar el ensayo PMI (identificación positiva de materiales) y las composiciones químicas que este dentro de los límites permisibles de estándares de calidad.
- Aplicar el ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura), para garantiza la aplicación del ensayo THA (reporte inspección de dureza) y la dureza del material que estén dentro de los límites permisibles de estándares de calidad.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

Al realizar el presente trabajo de investigación sobre ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, para garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara, Nos brindara obtener información confiable si el material cumple o no con los estándares de calidad de acuerdo las normas establecidos.

Los Métodos, procedimientos y técnicas e instrumentos que se aplican en la presente demostrarán que se pueden desarrollar futuros trabajos de investigación.

1.5 DELIMITACIONES DEL ESTUDIO.

15.1. Delimitación Temporal.

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

15.2. Delimitación Espacial.

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

1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO.

La realización de la presente investigación es viable, por cuanto se tiene los conocimientos teóricos, los medios técnicos y los recursos económicos necesarios. Así mismo, está asegurado el acceso a lugares de las fuentes de la información requeridas; también se cuenta con la autorización correspondiente del jefe de la empresa Técnicas Metálicas, a efectos de llevar a cabo el correspondiente trabajo de campo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Todos los trabajos de investigación que se mencionan a continuación serán utilizados como antecedentes para la realización del proyecto de tesis ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, para garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara.

2.1.1. Investigación Relacionada con el Estudio.

En su trabajo de investigación sobre, Gestión del proceso de ensayos no destructivos en el área de mantenimiento Mina - Yanacocha (Quiroz, 2015), 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.”

Los ensayos no destructivos como herramienta del ingeniero, en la fabricación de recipientes de presión (Correa, 2006) llego a las siguientes conclusiones:

Es necesario que, a nivel de instituciones relacionadas con la calidad y normalización, se dé 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.

En el trabajo de investigación sobre, Inspección de tuberías descarga de concentrado de cobre de 22” por medio de un equipo de ultrasonido (Cona, 2005, págs. 224-225). Llego a las siguientes conclusiones:

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

En el trabajo de investigación sobre, Ensayos destructivos y no destructivos de probetas de acero soldadas con electrodos revestidos (Cona, 2005, pág. 52). Llego a las siguientes conclusiones:

Los ensayos destructivos y la inspección visual a través del procedimiento de soldadura indican que los electrodos analizados en la presente tesis, cumplen con las características mecánicas que especifican. Sin embargo, existen diferencias en su aplicación, lo que, a la larga, redundará en la eficacia y rendimiento del proyecto de soldadura, esto dado que: 1. El electrodo A por su resistencia a fundirse, el avance es lento y requiere de un elevado amperaje en su aplicación, esto hace que resulte

antieconómico, considerando el mayor consumo de energía eléctrica. 2. El electrodo B tuvo la mayor facilidad para fundirse, pero es el menos rendidor, ya que se utilizaron una mayor cantidad de varillas en la unión. 3. El electrodo C presenta un mayor chisporroteo, pero se caracteriza por su menor valor comercial, según precios de referencia. 4. El electrodo D resulta ser el más antieconómico ya que presenta un revestimiento arenoso, lo que produce un arco inestable, poco rendidor y es el que requiere mayor amperaje para su fundición, induciendo un mayor consumo de energía eléctrica. 5. El electrodo E está exento de defectos en su aplicación, es más, resulta ser el de mayor rendimiento utilizándose la menor cantidad de varillas en la unión, pero es el que registra el mayor precio comercial. En vista de los antecedentes el electrodo C es el más rentable para el proyecto, porque como todos, cumple con los requerimientos de calidad, pero, además, tiene el precio más bajo y presenta la menor cantidad de atenuantes en su aplicación. El presente control preliminar de calidad, contribuye a descartar la posibilidad de que esté circulando un producto que ponga en riesgo la integridad de las estructuras de acero y sobre todo, el bien máspreciado, la vida de las personas. Además, se desprende que no existe una consecuencia entre calidad y precio, ya que el electrodo más caro no necesariamente es el de mayor calidad, ni el más barato posee una calidad inferior, muy por el contrario, el de menor valor comercial resultó ser el más conveniente.

En él, Estudio de la efectividad del ensayo de ultrasonido para inspección estructural a aceros A 37 -24 ES de calidad SAE 1020 (Rodríguez, 2014, pág. 83). Llego a las siguientes conclusiones:

Se puede concluir que el ensayo de ultrasonido (para equipos con una sensibilidad igual o mayor al utilizado) es óptimo para detección de defectos a cuanto a longitud, posición y orientación. Habiendo errores en promedio de 2,18% con una desviación 3,23%, dicha

desviación se debe a que se ha considerado un valor de error máximo que se encuentra en entorno al 7,87%. Sin embargo, estos valores tienen correspondencia con los valores del método destructivo directo. Los datos obtenidos mediante los métodos destructivos son fidedignos, y representan de muy buena manera los resultados esperados. El sistema de inspección estructural sugerido también cumple con lo propuesto. Abarca la gran mayoría de los espesores para perfiles comerciales usados en el ámbito del cálculo estructural con acero, pero limitado a la calidad de éste. Esta metodología muestra un nuevo punto de vista desde la ingeniería mecánica, aunque su aplicabilidad sea totalmente aceptable a la especialidad de obras civiles, donde se necesitan sistemas de inspección estructural de bajo costo, donde no se ejecutaron ensayos por un problema de recursos, puesto que realizar los primeros ensayos representó un costo muy alto en comparación a los recursos disponibles.

2.2. BASES TEÓRICAS.

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 (Quiroz, 2015, pág. 30).

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 (Núñez, Roca, & Jorba, 2004, pág. 127).

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 (Hellier, 2003, págs. 21-36).

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 (Rodríguez, 2012) como se cita en (Ariopaja, 2012).

Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada. Se identifican comúnmente con las siglas: END; y se consideran sinónimos a, inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos (Quiroz, 2015, págs. 30-31).

2.2.1.1. Objetivos de los ensayos no destructivos.

El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes e partes fabricadas. Además, colaboran en prevenir accidentes, ya que se aplican en mantenimiento y en vigilancia de los sistemas a lo largo del servicio. 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. (Ariopaja, 2012, págs. 18-19).

2.2.1.2. Tipos de pruebas.

A. Pruebas no destructivas superficiales.

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

a) 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 (Hellier, 2003, págs. 85-87).

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 (Núñez, Roca, & Jorba, 2004, pág. 128).

b) Líquidos penetrantes (PT):

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. 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 (AEND, 2002).

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 (Echeraria, 2003).

- **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 y confiable para detección y localización de grietas superficiales (Hellier, 2003, págs. 177-178).

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 (Ariopaja, 2012).

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 (Kalpakjian & Schmid, 2008, págs. 1132-1133).

- **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 (Shull et al., 2002) (Rodriguez, 2014, pág. 25).

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).

B. 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.

C. Pruebas no destructivas volumétricas:

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

a) 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. 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 (Rodríguez, 2014, págs. 21-22).

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 moltilner 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 (González, 2003).

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 (Hellier, 2003, págs. 231-290).

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.

b) 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 (Hellier, 2003, págs. 301-350).

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 (Rodríguez, 2014).

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 (Quiroz, 2015).

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 (Rodríguez, 2014, págs. 32-38).

c) 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 (Kalpakjian & Schmid, 2008, págs. 1133-1134). 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 (Ramirea, 2015).

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

2.2.2. 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 (Martinez, 1992).

➤ **Discontinuidad**

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:

a. 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.

b. 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:

a) 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.

b) 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.

c) Indicaciones verdaderas:

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

2.2.3. 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.

a. 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.

2.2.4. 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.

2.2.5. 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.

2.2.6. NORMA ASTM A335-P5.

2.2.6.1. 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 1. 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

2.2.6.2. 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. 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.

a. Principales grados de ASTM A335: ASTM A335 P11, P22, P5, P9, P91, P92.

Tabla 1. Composición química (%) para el grado principal

Grado	P-5	P-9	P-11	P-12	P-91	También incluirá
Elementos de USN	K41545	S50400	K11597	K2159	K91560	
Carbono	0.15 máx.	0.15 máx.	0.05-0.15	0.05-0.15	0.08-0.12	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	V 0.03-0.07
Fosforo	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	Ni 0.40 máx. máx.
Azufre	0.025	0.025	0.025	0.025	0.010	Al 0.02 máx. máx.
Silicio	0.50 máx.	0.25-1.00	0.50-1.00	0.50 máx.	0.20-0.50	Cb 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 0.01 máx.
Molibdeno	0.45-0.65	0.90-1.10	0.44-0.65	0.87-1.13	0.58-1.05	Zr 0.01 máx.

Tabla 2. Propiedades mecánicas

Propiedades	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 3. Requisitos del alargamiento

Valores mínimos calculados del alargamiento				
Alargamiento en 2 adentro o 50 milímetros, % mínimos				
Grado de pared	P5, P9, P11, P22			P91
en.	Milímetro	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

Tabla 4. Requisitos tratamiento térmico

Grado	Tipo del tratamiento térmico	Normalizado la gama de temperatura F(C)	Recocido subcrítico o temple gama de temperatura F(C)
P5	(b, lleno o isotérmico recueza c)		
	Normalice y modere	*****	1250[375]
	Subcrítico recueza (P5c solamente)	*****	1325 -1375 [715-745]
P5	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[750]
P91	Normalice y normalice	1900-1975[1040-1080]	1350-1470[730-800]
	Apague y modere	1900-1975[1040-1080]	1350-1470[730-800]

2.2.6.3. Aceros aleados.

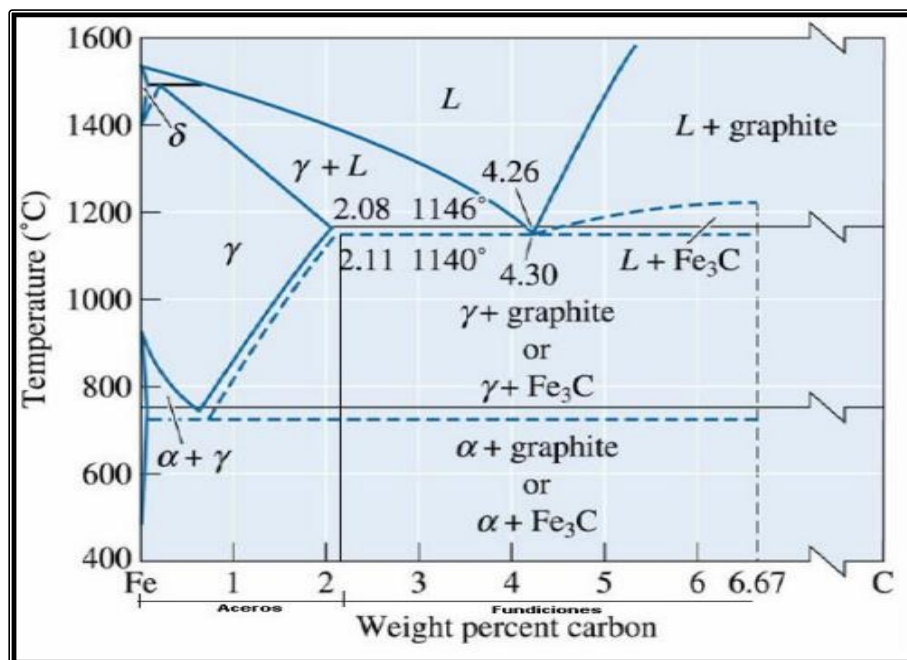
Molera (2001). Los aceros aleados se dividen en dos grupos: aceros de baja aleación y aceros de alta aleación. La distinción entre los dos varía: Smith and Hashemi sitúan la barrera en el 4 % en peso de aleantes, mientras que Degarmo lo define en el 8,0 %. Los aceros más simples son hierro (Fe) (alrededor del 99 %) aleado con carbono (C) (alrededor del 0,1 - 1 %,

dependiendo del tipo).

2.2.6.4. Aleaciones hierro – carbono.

Una razón importante para estudiar el sistema Hierro – 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. Las formas alotrópicas de Hierro permiten la formación de una gran variedad de microestructuras, es decir, se pueden lograr muchas propiedades físicas diferentes. El punto de fusión del hierro puro 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 (Molera, 2001).

Figura 2. Diagrama de equilibrio de fases sistema

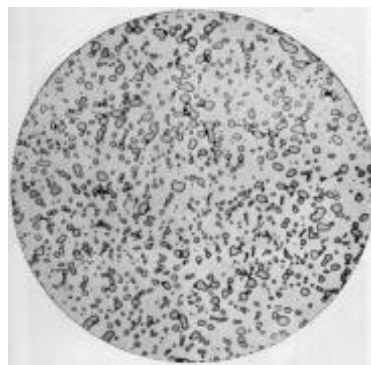


Otro aspecto importante es el que se refiere a la máxima solubilidad de carbono en la red de hierro (sólido) que se produce a 1148° C y es de 2.11 % C. El hierro en esa forma cristalina

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 el Fe γ disuelve mayor cantidad de carbono que el Fe α . 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 .

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. 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.

Figura 3. 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.

Figura 4. 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.

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. Utilizando aceros especiales es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las

mismas. Es posible fabricar mecanismos que mantengan elevadas resistencias, aún a altas temperaturas.

- 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 A_c y A_r 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. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- a. **Abrasión:** Desgaste de la superficie, producido por rayado continuo, usualmente debido a la presencia de materiales extraños, o partículas metálicas en el lubricante.
- b. **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.
- c. **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.
- d. **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.
- e. **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.
- f. **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.
- g. **Acero al carbono:** Calidades ordinarias de acero al carbono sin contenido importante de aleación.
- h. **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.
- i. **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.

- j. **Aleación:** Sustancia con propiedades metálicas compuesta por dos o más elementos químicos de los cuales al menos uno es un metal.
- k. **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.
- l. **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.
- m. **Corrosión:** Ataque químico y electroquímico gradual sobre un metal producido por la atmósfera, la humedad y otros agentes.
- n. **Desgaste:** La pérdida de material de la superficie como resultado de una acción mecánica.
- o. **Dureza:** La resistencia de una sustancia a la abrasión de la superficie.
- p. **Ensayo:** Prueba química que se realiza en una muestra de mineral para determinar la concentración de metal útil que contiene.
- q. **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.
- r. **Ferroaleaciones:** Las ferroaleaciones son los condimentos del proceso de fabricación de acero.
- s. **Ferroso:** Término que indica que un producto contiene hierro. Se utiliza para distinguir el

hierro y el acero de metales no ferrosos.

- t. **Fundición blanca:** Metal duro, quebradizo y magnético. Se rompe rápidamente al golpearlo con un martillo y la fractura es de color plateado y blanco.
- u. **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.
- v. **Galvanizado:** Revestimiento del acero con zinc para así evitar la corrosión.
- w. **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.
- x. **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.
- y. **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.
- z. **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.
- aa. **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.
- bb. **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.
- cc. **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.

- dd. **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.
- ee. **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.
- ff. **Tubos soldados:** Los tubos soldados se obtienen a partir de bandas de laminación laminadas en frío o en caliente, chapa gruesa o chapa fina.

2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

2.4.1. Hipótesis General.

Mediante el proceso de ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, nos permitirá garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

- Mediante el proceso de ensayo PHT (tratamiento térmico pre soldadura) y el uso de material de aporte ER80S-B6 Y E81T1-B6M, nos permitirá garantizar el ensayo PMI (identificación positiva de materiales) y las composiciones químicas que este dentro de los límites permisibles de estándares de calidad.
- Mediante el proceso de ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura), nos permitirá garantizar la aplicación del ensayo THA (reporte inspección de dureza), la dureza del material que estén dentro de los límites permisibles de estándares de calidad.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO.

3.1.1. Tipo de Investigación.

De acuerdo a su naturaleza: Documentada y de campo.

De acuerdo al propósito o utilización: Longitudinales o evolutivos - Tendencia.

Se realiza investigación documentada - Longitudinales o evolutivos - Tendencia, en este trabajo ya que se realiza búsqueda de información, aplicación de fórmulas con diferentes variables de acuerdo a los objetivos de la investigación, para posteriormente aplicar en el proceso de dimensionamiento.

3.1.2. Enfoque de la Investigación.

Es una investigación cuantitativa por que se cuantificara las informaciones y como resultado resultan las dimensiones de los equipos que están involucrado en el proceso.

De acuerdo su característica: Análisis de causa - efecto.

De acuerdo su proceso: Probatorio.

De acuerdo a sus bondades: Generalización de resultados.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. Población.

La población estuvo constituida por los equipos, estructura, tubería, etc., de la ampliación de la refinería de Talara.

3.2.2. Muestra.

La muestra para el trabajo de investigación está constituida por las tuberías de procesos de la ampliación de la refinería Talara entre el 2016 - 2017.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.

Tabla 5. Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES
Independiente			
Ensayos no destructivos	Se denomina ensayo no destructivo a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales	Característica	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo PHT • Ensayo PWHT
Dependiente			
Calidad de material	Conjunto de los mecanismos, acciones y herramientas realizadas para detectar la	Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Composición química • Dureza
Intervinientes			
Controlados			<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de calentamiento. • Tiempo calentamiento. • Velocidad de calentamiento.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnicas a Emplear.

a. Observación Sistemática Directa.

Se empleará esta técnica para observar el proceso de investigación en el momento que se está desarrollando el proceso.

b. Observación Sistemática Indirecta.

Mediante esta técnica se podrá analizar y estudiar los diversos documentos que contiene información sobre el tema de investigación a desarrollar.

c. Observación experimental.

Con esta técnica será posible conocer la forma como se desarrollan las actividades en el desarrollo para luego extraer datos con el fin de procesar posteriormente con mayor eficiencia.

d. Otras Técnicas.

Técnica de cuestionario.

3.4.2 Descripción de los Instrumentos.

- Ficha de observación.
- Lista de cotejo.
- Escalas libreta de notas.
- Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Se usará el análisis estadístico, usando programas de cálculo como Excel, Minitab 17, etc., para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, figuras, promedios y otros.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. TRATAMIENTO TÉRMICO.

4.1.1. Tratamiento térmico después de las juntas soldadas.

El tratamiento térmico de las juntas soldadas se realiza de acuerdo las normas que cumplan las condiciones establecidas como se aprecia en la tabla a continuación.

Tabla 6. Procedimiento de tratamiento térmico junta 3

Junta:	3	Soldador:			S-1648
Control de Parámetros	Requerimiento	N° de Termocupla		Cumple	
		9	---	OK or KO	
Temperatura mínima de Pre Calentamiento	N/A	N/A	---	---	
Temperatura Controlada desde (°C)	300	300	---	OK	
Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)	120	120	---	OK	
Temperatura de mantenimiento (°C)	740	740	---	OK	
Tiempo de mantenimiento (min)	120	120	---	OK	
Temperatura de enfriamiento (°C)	100	100	---	OK	
Temperatura contralada hasta (°C)	300	300	---	OK	

El tratamiento térmico se realizará con una temperatura controlada desde 300°C e inversa hasta 300°C y el enfriamiento hasta los 100°C con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento de 740°C, para la junta 3.

Tabla 7. Procedimiento de tratamiento térmico junta 4

Junta:	4	Soldador:			s-1648
Control de parámetros	Requerimiento	N° de termocupla		Cumple	
		4	---	OK or KO	
Temperatura mínima de Pre Calentamiento	N/A	N/A	---	---	
Temperatura Controlada desde (°C)	300	300	---	OK	
Velocidad de Calentamiento (°C/Hr)	120	120	---	OK	
Temperatura de mantenimiento (°C)	740	740	---	OK	
Tiempo de mantenimiento (min)	120	120	---	OK	
Temperatura de enfriamiento (°C)	100	100	---	OK	
Temperatura contralada hasta (°C)	300	300	---	OK	

El tratamiento térmico se realizará con una temperatura controlada desde 300°C en el proceso inverso la temperatura contralada hasta 300°C y en el enfriamiento hasta los 100°C con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento de 740°C, para la junta 4.

4.2. RESULTADO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.

4.2.1. Resultado de la identificación de las composiciones químicas.

a. Parámetros de la composición química.

Según norma ASTM A335-P5 este tipo de material debe encontraremos los niveles de cromo y molibdeno en las juntas que han sido examinadas de acuerdo la siguiente tabla.

Tabla 8. Requerimiento según ASTM.

Requerimiento según ASME II/hoja técnica								
	Cr	Mo	Ni	Cu	F	Otros		
Límite de Aceptación MAX	6.0	0.65	---	---	---	---	---	---
Límite de Aceptación MIN	4.5	0.45	---	---	---	---	---	---

La composición del material tanto del cromo y molibdeno debe estar en un rango para el cromo mínimo de 4.5% y máximo de 6.0%, mientras que para el molibdeno como mínimo de 0.45% y máximo de 0.65%.

b. Resultado de la composición química de las juntas soldadas.

Material de aporte: ER80S-B6, ER805-B2 y ER1T1-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: 16", Espesor: SCH-40.

Tabla 9. Resultado de soldadura y el tratamiento térmico de los ensayos química S01-Z01

DATOS DE CAMPOS EN JUNTAS SOLDADAS												
N° DE JUNTA	ZONA ENSAYADA	UBICACIÓN	TIEMPO	Cr	Mo	Ni	Cu	F	OTROS			CONFORME
												OK or KO
S01-Z01	MB 1	0°	15 seg.	5.778	0.512	---	---	---	---	---	---	OK
	S		15 seg.	1.342	0.348	---	---	---	---	---	---	OK
	MB2		15 seg.	1.23	0.538	---	---	---	---	---	---	OK
	MB1	180°	15 seg.									
	S		15 seg.									
	MB2		15 seg.									
COMENTARIOS: ER 80S-B6 / MAT1: AST A335-P5 MAT2: ASTM A387-P11 DIÁMETRO/ESPESOR:												

Para los ensayos la junta número S01-Z01 a cero grados MB1 5.778% de cromo y 0.512% de molibdeno, para S 1.342% de cromo y 0.348% de molibdeno, para MB2 1.230% de cromo y 0.538% de molibdeno.

Tabla 10. Resultado de soldadura y el tratamiento térmico de los ensayos química J-01 y J-02.

DATOS DE CAMPOS EN JUNTAS SOLDADAS												
N° DE JUNTA	ZONA ENSAYADA	UBICACIÓN	TIEMPO	Cr	Mo	Ni	Cu	F	OTROS			CONFORME 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 CL1 MAT2: A335-P5 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 CL1 MAT2: A335-P5 DIÁMETRO/ESPESOR: 2 SCH-160												

Como resultado de los ensayos la junta numero J-01 a cero grados MB1 4.539% de cromo y 0.538% de molibdeno, para S 5.015% de cromo y 0.573% de molibdeno, para MB2 4.532% de cromo y 0.502% de molibdeno.

Para los ensayos la junta numero J-02 a cero grados MB1 4.378% de cromo y 0.567% de molibdeno, para S 4.98% de cromo y 0.640% de molibdeno, para MB2 4.536% de cromo y 0.521% de molibdeno.

4.2.2. Resultado de la dureza después del tratamiento térmico.

a. Resultado de la dureza de las juntas soldadas.

Tabla 11. Durezas obtenidas en campo ensayo S03-C01.

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requer OK or KO	
S03-C01	S-1674	0°	116	119	136	142	103	123.2	200	OK
		120°	118	123	139	138	109	125.4	200	OK
		240°	116	126	141	136	102	124.2	200	OK
Comentarios: MB1=ASTM A335-P5			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 29°C					

En tabla 10 los ensayos de dureza de la junta numero S03-C01 a 0° MB1 116HB, ZAC1 119 HB, soldadura 136HB, ZAC2 142 HB, MB2 103HB con un promedio de 123.2HB; para 120° MB1 118HB, ZAC1 123 HB, soldadura 139HB, ZAC2 138 HB, MB2 109HB con un promedio de 125.4HB; a 240° MB1 116HB, ZAC1 126 HB, soldadura 141HB, ZAC2 136 HB, MB2 102HB con un promedio de 124HB.

Tabla 12. Durezas obtenidas en campo ensayo SO4-C01

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requer OK or KO	
S04-C01	S-1674	0°	114	123	136	136	106	123.0	200	OK
		120°	112	120	137	139	103	122.2	200	OK
		240°	118	119	138	142	100	123.4	200	OK
Comentarios: MB1=ASTM A335-P5			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 29°C					

En tabla 11 los ensayos de dureza de la junta numero SO4-CO1 a 0° MB1 179HB, ZAC1 183 HB, soldadura 204HB, ZAC2 184 HB, MB2 163HB con un promedio de 182.6HB; para 120° MB1 176HB, ZAC1 182 HB, soldadura 202HB, ZAC2 182 HB, MB2 172HB con un promedio de 189.2HB; a 240° MB1 175HB, ZAC1 184 HB, soldadura 209HB, ZAC2 194 HB, MB2 170HB con un promedio de 123HB.

Tabla 13. Durezas obtenidas en campo ensayo SO3-CO1

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requer OK or KO	
S03-C01	S-835	0°	140	151	182	172	147	158.4	235	OK
		120°	140	174	181	173	154	164.4	235	OK
		240°	149	158	180	174	157	163.6	235	OK
Comentarios: MB1=ASTM A335-P5			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 30°C			DIAMETRO/ESPEOR= 6"		

En tabla 12 los ensayos de dureza de la junta número S03-C01 a 0° MB1 140HB, ZAC1 151 HB, soldadura 182HB, ZAC2 172 HB, MB2 147HB con un promedio de 158.4HB; para 120° MB1 130HB, ZAC1 174 HB, soldadura 181HB, ZAC2 173 HB, MB2 154HB con un promedio de 164.4HB; a 240° MB1 149HB, ZAC1 158 HB, soldadura 180HB, ZAC2 174 HB, MB2 157HB con un promedio de 162HB.

Tabla 14. Durezas obtenidas en campo ensayo S03-Z02

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requer	OK or KO
S03-Z02	S-835	0°	133	150	187	172	131	154.6	235	OK
		120°	140	161	181	173	137	158.4	235	OK
		240°	149	158	185	174	149	163.0	235	OK
Comentarios: MB1=ASTM A335-P5			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 30°C		DIAMETRO/ESPESOR= 6"			

En tabla 13 los ensayos de dureza de la junta número S03-Z02 a 0° MB1 133HB, ZAC1 150HB, soldadura 187HB, ZAC2 172HB, MB2 131HB con un promedio de 154.6HB; para 120° MB1 140HB, ZAC1 161 HB, soldadura 181HB, ZAC2 173 HB, MB2 137HB con un promedio de 158.4HB; a 240° MB1 149HB, ZAC1 158 HB, soldadura 185HB, ZAC2 174 HB, MB2 149HB con un promedio de 159HB.

Tabla 15. Durezas obtenidas en campo ensayo 14

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requer	OK or KO
14	S-1675	0°	148	134	141	146	136	141.0	200	OK
		120°	129	125	121	121	145	128.2	200	OK
		240°	143	143	125	126	130	133.4	200	OK
Comentarios: MB1=ASTM A335-P5			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 29°C		DIAMETRO/ESPESOR= 0.75"			

En tabla 14 los ensayos de dureza de la junta número 14 a 0° MB1 148HB, ZAC1 134HB, soldadura 141HB, ZAC2 146HB, MB2 136HB con un promedio de 141HB; para 120° MB1 129HB, ZAC1 125HB, soldadura 121HB, ZAC2 121HB, MB2 145HB con un promedio de 128.2HB; a 240° MB1 143HB, ZAC1 143HB, soldadura 125HB, ZAC2 126HB, MB2 130HB con un promedio de 134HB.

Tabla 16. Durezas obtenidas en campo ensayo 25

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requer	OK or KO
25	S-1675	0°	137	137	132	146	128	136.0	200	OK
		120°	143	131	138	125	150	137.4	200	OK
		240°	139	129	145	120	144	135.4	200	OK
Comentarios: MB1=ASTM A335-P5			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 29°C			DIAMETRO/ESPESOR= 1"		

En tabla 15 los ensayos de dureza de la junta número 25 a 0° MB1 137HB, ZAC1 137HB, soldadura 132HB, ZAC2 146HB, MB2 128HB con un promedio de 136HB; para 120° MB1 143HB, ZAC1 131HB, soldadura 138HB, ZAC2 125HB, MB2 150HB con un promedio de 137.4HB; a 240° MB1 139HB, ZAC1 129HB, soldadura 145HB, ZAC2 120HB, MB2 144HB con un promedio de 135.4HB.

Tabla 17. Durezas obtenidas en campo ensayo 27

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requer	OK or KO
27	S-1659	0°	121	124	126	148	144	132.6	200	OK
		120°	138	138	122	147	136	136.2	200	OK
		240°	138	123	136	122	125	128.8	200	OK
Comentarios: MB1=ASTM A335-P5			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 29°C			DIAMETRO/ESPESOR= 3" CSH-40		

En tabla 16 los ensayos de dureza de la junta número 27 a 0° MB1 121HB, ZAC1 124HB, soldadura 126HB, ZAC2 148HB, MB2 144HB con un promedio de 132.6HB; para 120° MB1 138HB, ZAC1 138HB, soldadura 122HB, ZAC2 147HB, MB2 136HB con un promedio de 136.2HB; a 240° MB1 138HB, ZAC1 123HB, soldadura 136HB, ZAC2 122HB, MB2 125HB con un promedio de 133HB.

Tabla 18. Durezas obtenidas en campo ensayo 5

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requerido	OK or KO
5	S-1716	0°	123	138	146	141	127	135.0	235	OK
		8°	121	132	147	138	130	133.6	235	OK
		240°	127	136	145	140	121	133.8	235	OK
Comentarios: MB1=ASTM A234-WPS CL1			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 29°C			DIAMETRO/ESPESOR= 0.75"		

En tabla 17 los ensayos de dureza de la junta número 5 a 0° MB1 123HB, ZAC1 138HB, soldadura 146HB, ZAC2 141HB, MB2 127HB con un promedio de 135.0HB; para 120° MB1 121HB, ZAC1 132HB, soldadura 147HB, ZAC2 138HB, MB2 130HB con un promedio de

133.6HB; a 240° MB1 127HB, ZAC1 136HB, soldadura 145HB, ZAC2 140HB, MB2 121HB con un promedio de 134HB.

Tabla 19. Durezas obtenidas en campo ensayo 7

N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HB)					ANTES DEL PWHT		
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO	Max. Requerido	OK or KO
7	S-1716	0°	120	131	149	132	127	131.8	235	OK
		8°	120	135	149	136	129	133.8	235	OK
		240°	129	132	151	141	126	135.8	235	OK
Comentarios: MB1=ASTM A234-WPS CL1			MB2=ASTM A335-P5		TEMP. SUPERFICIAL= 29°C		DIAMETRO/ESPESOR= 3" SCH-40			

En tabla 18 los ensayos de dureza de la junta número 7 a 0° MB1 120HB, ZAC1 131HB, soldadura 149HB, ZAC2 132HB, MB2 127HB con un promedio de 131.8HB; para 120° MB1 120HB, ZAC1 135HB, soldadura 149HB, ZAC2 136HB, MB2 129HB con un promedio de 133.8HB; a 240° MB1 129HB, ZAC1 132HB, soldadura 151HB, ZAC2 141HB, MB2 126HB con un promedio de 134HB.

CAPITULO V

DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. DISCUSIÓN.

En el trabajo realizado sobre ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5 que nos permita garantizar la calidad del material, de acuerdo los objetivos planteados tenemos los siguientes:

Para el proceso de ensayo PHT (tratamiento térmico pre soldadura) y el uso de material de aporte ER805-B6, ER805-B2 y ER1T1-B6M los resultados del ensayo PMI (identificación positiva de materiales) y las composiciones químicas se encuentran dentro de los límites permisibles de estándares de calidad. Para el ensayo S01-Z01, el tratamiento térmico se realizará con una temperatura controlada desde 300°C y en el proceso inverso la temperatura controlada hasta 300°C y enfriamiento hasta los 100°C, con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento de 740°C. como resultado de los ensayos se tiene en promedio de cromo está en 2.783% dentro del requerimiento que debe estar entre 4.50% a 6.00% y para el molibdeno en 0.466% dentro del requerimiento que debe estar entre 0.45% a 0.65%.

Mientras que el ensayo J-01, el tratamiento térmico se realizará con una temperatura controlada desde 300°C en el calentamiento y enfriamiento hasta los 300°C con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento de 740°C, el resultado del ensayo químico en promedio se tiene de cromo está en 4.695% dentro del requerimiento que debe estar entre 4.50% a 6.00% y para el molibdeno en 0.538% dentro del requerimiento

entre 0.45% a 0.65%.

Mientras que el ensayo J-02, el tratamiento térmico se realizará con una temperatura controlada desde 300°C e inversa hasta 300°C y enfriamiento hasta los 300°C con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento de 740°C, el resultado del ensayo químico en promedio se tiene de cromo está en 4.752% dentro del requerimiento que debe estar entre 4.50% a 6.00% y para el molibdeno en 0.576% dentro del requerimiento entre 0.45% a 0.65%.

En el proceso de ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura) como resultado de la aplicación del ensayo THA (reporte inspección de dureza) la dureza del material que estén dentro de los límites permisibles de estándares de calidad. Para los ensayos de dureza de la junta número S03-C01 (S-1674) en promedio es de 117HB MB1, 123 HB ZAC1, 139HB soldadura, 139HB ZAC2, 105HB MB2 con un promedio de 124HB, establecido dentro de los requerimientos como máximo debe estar en 200HB.

Por otra parte, en los ensayos de dureza de la junta número S04-C01 en promedio es de 115HB MB1, 121 HB ZAC1, 137HB soldadura, 139HB ZAC2, 103HB MB2 con un promedio de 123HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 200HB.

En los ensayos de dureza de la junta número S03-C01 (S-835) en promedio es de 143HB MB1, 161 HB ZAC1, 181HB soldadura, 173HB ZAC2, 153HB MB2 con un promedio de 162HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 235HB.

En los ensayos de dureza de la junta número S03-Z02 en promedio es de 141HB MB1, 156 HB ZAC1, 184HB soldadura, 173HB ZAC2, 139HB MB2 con un promedio de 159HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 235HB.

En los ensayos de dureza de la junta número 14 en promedio es de 140HB MB1, 134 HB ZAC1, 129HB soldadura, 131HB ZAC2, 137HB MB2 con un promedio de 134HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 200HB.

En los ensayos de dureza de la junta número 25 en promedio es de 140HB MB1, 132 HB ZAC1, 138HB soldadura, 130HB ZAC2, 141HB MB2 con un promedio de 136HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 200HB.

En los ensayos de dureza de la junta número 27 en promedio es de 132HB MB1, 128 HB ZAC1, 128HB soldadura, 139HB ZAC2, 135HB MB2 con un promedio de 133HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 200HB.

En los ensayos de dureza de la junta número 5 en promedio es de 123HB MB1, 133 HB ZAC1, 150HB soldadura, 136HB ZAC2, 127HB MB2 con un promedio de 134HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 235HB.

En los ensayos de dureza de la junta número 7 en promedio es de 124HB MB1, 135 HB ZAC1, 146HB soldadura, 140HB ZAC2, 126HB MB2 con un promedio de 134HB, establecido dentro de los requerimientos establecidos como máximo de dureza debe estar en 235HB.

Para (Rodriguez, 2014). concluye que el ensayo de ultrasonido es óptimo para detección de

defectos a cuanto a longitud, posición y orientación. Sin embargo, estos valores tienen correspondencia con los valores del método destructivo directo. El sistema de inspección estructural sugerido también cumple con lo propuesto. Abarca la gran mayoría de los espesores para perfiles comerciales usados en el ámbito del cálculo estructural con acero, pero limitado a la calidad de éste.

Mientras que para (Cona, 2005) Los ensayos destructivos y la inspección visual a través del procedimiento de soldadura indican que los electrodos analizados en la presente tesis, cumplen con las características mecánicas que especifican. 3. El electrodo C presenta un mayor chisporroteo, pero se caracteriza por su menor valor comercial, según precios de referencia. El electrodo (E), está exento de defectos en su aplicación, es más, resulta ser el de mayor rendimiento utilizándose la menor cantidad de varillas en la unión, pero es el que registra el mayor precio comercial.

5.2. CONCLUSIONES.

En el trabajo sobre ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM -P5 para garantizar la calidad del material y ser utilizado en el proyecto de modernización de la refinería Talara se llegaron a las siguientes conclusiones:

El tratamiento térmico se realizó con una temperatura controlada desde 300°C y en el proceso inverso con una temperatura controlada hasta 300°C y enfriamiento hasta los 100°C con una velocidad de 120°C/Hr, tiempo de 120 minutos y con una temperatura de tratamiento térmico de 740°C.

Se desarrollo un plan de ensayo no destructivo sobre tubos aleados ASTM A335-P5, sobre ensayos aplicados son el PHT, para obtener los resultados de PIM, se obtuvieron para el ensayo S01-Z01 de 2.783% Cr (4.5%-6.0%) que se encuentra dentro de los parámetros, y de 0.466% Mo (0.45%-0.65%); en el ensayo J-01 se tiene como resultado de 4.695% Cr (4.5%-6.0%), 0.538% Mo (0.45%-0.65%) encontrándose dentro los parámetros de control; en el ensayo J-02 se tiene como resultado de 4.752% Cr (4.5%-6.0%), 0.576% Mo (0.45%-0.65%) encontrándose dentro los parámetros de control.

En el ensayo no destructivo sobre tubos aleados ASTM A335-P5 en el proceso de ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura) como resultado de la aplicación del ensayo THA (reporte inspección de dureza) la dureza del material, para el ensayo S03-C01(S-1674) como promedio de 124HB (max. 200HB), y en el ensayo S04-C01 la dureza es en promedio de 123HB (max. 200HB) encontrándose dentro de los parámetros de control.

En el ensayo S03-C01(S-835) la dureza es en promedio de 162HB (max. 235HB), en el ensayo S03-Z02 la dureza es en promedio de 159HB (max. 235HB) encontrándose dentro de los parámetros de control.

En el ensayo 14 la dureza es en promedio de 134HB (max. 200HB), el ensayo 25 la dureza es en promedio de 136HB (max. 200HB), el ensayo 27 la dureza es en promedio de 133HB (max. 200HB), el ensayo 5 la dureza es en promedio de 134HB (max. 235HB) y en el ensayo 7 la dureza es en promedio de 134HB (max. 235HB) encontrándose dentro de los parámetros de control.

En los ensayos de PHT y PWHT y su tratamiento térmico y como resultado de los ensayos de

PIM y THA se encuentran dentro de los parámetros de control del material para ser utilizado en el proyecto y garantizar, con ello se esta cumpliendo con los objetivos de estudio.

5.3. RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda abordar los estudios con más datos y en un periodo alargado del proyecto de ingeniería a fin de determinar los errores que se podría estar cometiendo y utilizar otros tipos de plan de ensayos no destructivos aplicables a tubos aleados ASTM A335-P5.
- ✓ Formalizar la aplicación del plan de ensayo de acuerdo las normas, a fin de garantizar la mejora en la calidad de productos desarrollados.
- ✓ Realizar una adecuación procedimiento general respecto a los procedimientos actuales de ensayo, ya que existe certidumbre de errores cometidos al momento de ejecutarlos.

CAPITULO V

FUENTE DE INFORMACION

6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.

- AEND, A. E. (2002). *Liquidos penetrantes Nivel II*. Madrid: Asociación Grafica S.L.
- Ariopaja, C. (2012). “*Propuesta para la implementación metodológica de las normas ISO 9001 – 2008 en la Empresa SENOCORP S.A.*”. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13372/1/TESIS%20DE%20GRADO%20CARLOS%20ARIOPAJA.pdf>
- Cona, J. (2005). *Ensayos destructivos y no destructivos de probetas de acero soldadas con electrodos revestidos*. Obtenido de Tesis Electronica- UACH:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfci744e/doc/bmfci744e.pdf>
- Correa, C. (2006). *Los ensayos no destructivos como herramienta del ingeniero, en la fabricación de recipientes de presión*. Obtenido de Repositorio Institucional - UNI:
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2240>
- Echeraria, R. (2003). *Liquidos Penetrantes*.
- González, J. (2003). *Metalurgia mecánica*. Mexico D.C: LIMUSA.
- Hellier, C. (2003). *Handbook of Nondestructive Evaluation*. New York: McGRAW-HILL.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2008). *Manufactura Ingeniería y Tecnología*. Mexico : Pearson.
- Martinez, N. (1992). *Practica de ciencias de los Materiales*. Madrid: Murcia.
- Molera, A. (2001). *Tratamientos técnicos de los Metales*. Barcelona: Marcombo.
- Newell, W. (2010). *Welding and Postweld Heat Treatment of P91 Steels*. *Welding Journal*.

Welding Journal.

Núñez, C., Roca, A., & Jorba, J. (2004). *Comportamiento mecánico de los materiales*. Barcelo: Gráficas Rey, S.L.

Quiroz, E. (2015). *Gestión del proceso de ensayos no destructivos en el área de mantenimiento mina Yanacocha*. Obtenido de Repositorio Institucional - UNI : <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2098>

Ramirea, L. (2015). *Análisis petrográfico y exámenes no destructivos de monumentos en la zona colonial de Santo Domingo*. Obtenido de Academia logo redesign 2015: https://www.academia.edu/30354395/ANALISIS_PETROGRAFICO_Y_EXAMENES_NO_DESTRUCTIVOS

Rodriguez, E. (2014). *Estudio de la efectividad del ensayo de ultrasonido para inspección estructural a aceros A 37 -24 ES de calidad SAE 1020*. Obtenido de Tesis Electronica - UACH: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcir696e/doc/bmfcir696e.pdf>

Vijayalakshmi, M. (1999). *Microstructural Zones in the Primary Solidification Structure of Weldment of 9Cr-1Mo Steel*. Metallurgical and Materials Transactions.

ANEXO

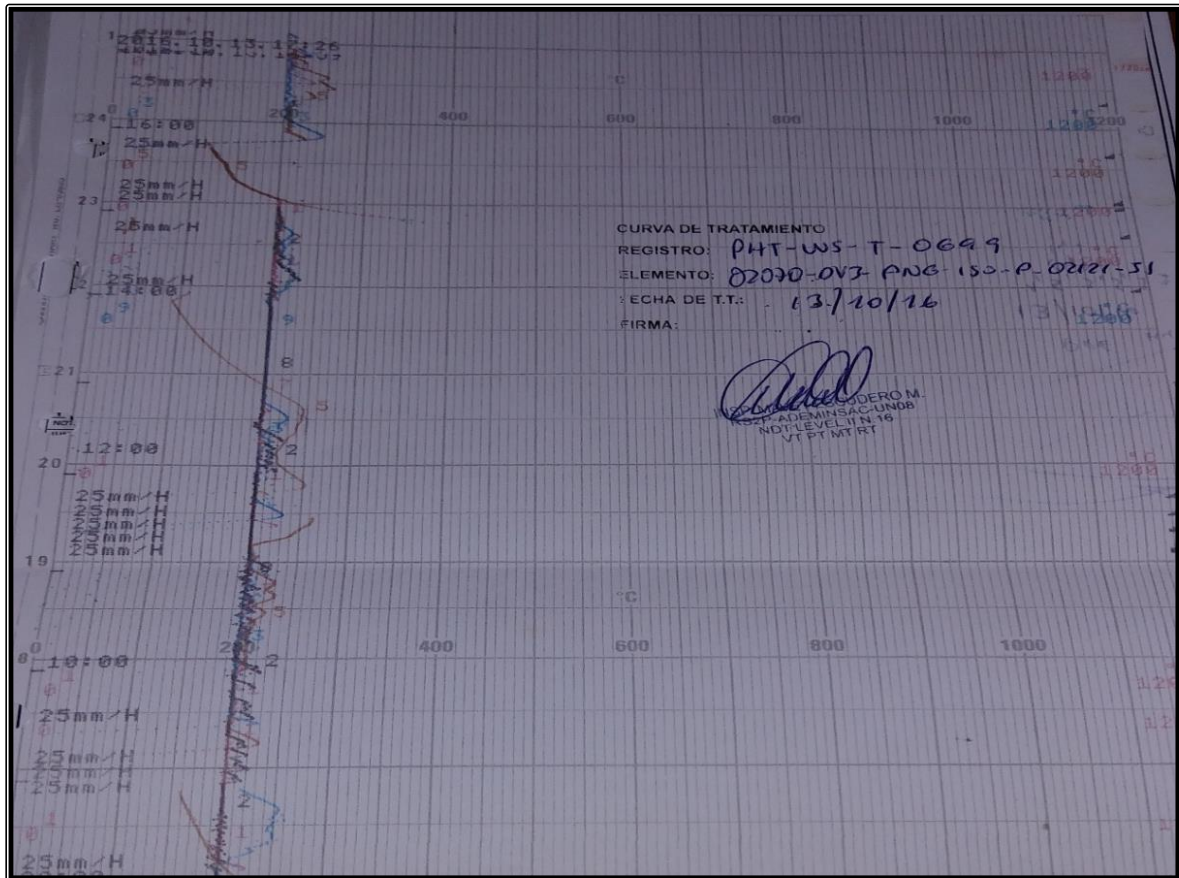
Anexo 1. Matriz Consistencia General

TITULO	GENERAL			VARIABLES	INDICADORES
	PROBLEMA	OBJETVO	HIPOTESIS	INDEPENDIENTE	
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE TUBOS DE ACEROS ASTM A335-P5 PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL MATERIAL EN EL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE LA REFINERÍA TALARA	¿En qué medida los ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5 nos garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara?	Aplicar los ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, para garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara.	Mediante el proceso de ensayos no destructivos de tubos de aceros ASTM A335-P5, nos permitirá garantizar la calidad del material en el proyecto de modernización de la Refinería Talara.	Ensayos no destructivos	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo PHT • Ensayo PWHT

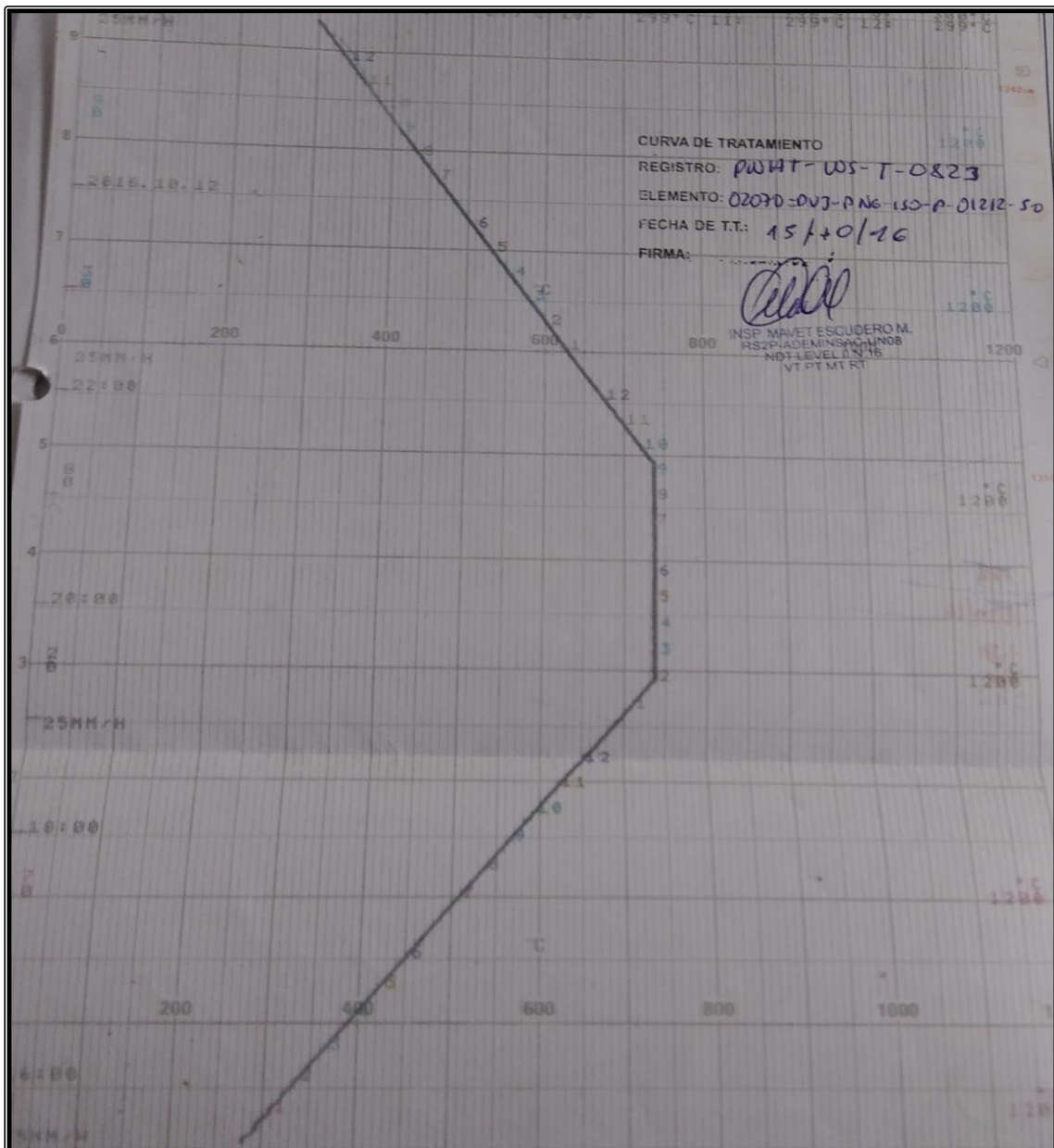
Anexo 2. Matriz Consistencia Especifico

TITULO	PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICO	VARIABLES DEPENDIENTE	INDICADORES
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE TUBOS DE ACEROS ASTM A335-P5 PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL MATERIAL EN EL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE LA REFINERÍA TALARA	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Si se aplica el ensayo PHT (tratamiento térmico pre soldadura) y el uso de material de aporte ER80S-B6 Y E81T1-B6M, nos permitirá aplica el ensayo PMI (identificación positiva de materiales) y garantizar las composiciones químicas que este dentro de los límites permisibles de estándares de calidad? • ¿Si se aplica el ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura), nos garantizara el uso de ensayo THA (reporte inspección de dureza) y la dureza del material que estén dentro de los límites permisibles de estándares de calidad? 	<ul style="list-style-type: none"> • aplicar el ensayo PHT (tratamiento térmico pre soldadura) y el uso de material de aporte ER80S-B6 Y E81T1-B6M, para garantizar el ensayo PMI (identificación positiva de materiales) y las composiciones químicas que este dentro de los límites permisibles de estándares de calidad. • aplicar el ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura), para garantiza la aplicación del ensayo THA (reporte inspección de dureza) y la dureza del material que estén dentro de los límites permisibles de estándares de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante el proceso de ensayo PHT (tratamiento térmico pre soldadura) y el uso de material de aporte ER80S-B6 Y E81T1-B6M, nos permitirá garantizar el ensayo PMI (identificación positiva de materiales) y las composiciones químicas que este dentro de los límites permisibles de estándares de calidad. • Mediante el proceso de ensayo PWHT (tratamiento térmico post soldadura), nos permitirá garantizar la aplicación del ensayo THA (reporte inspección de dureza) y la dureza del material que estén dentro de los límites permisibles de estándares de calidad. 	Calidad de material	<ul style="list-style-type: none"> • Composición química • Dureza


Anexo 3. Registro de uso de termocuplas en el ensayo PHT



Anexo 4. Registro de uso de termocuplas en el PWHT



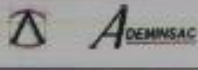
Anexo 5. Plan de ensayo THA

		INSPECCIÓN DE DUREZA SUPERFICIAL				AD - PWHT - IBHT-001				
		REGISTRO DE INSPECCIÓN DE DUREZA				PÁGINA:	01 of 01			
					FECHA:	01/18/2016				
					REV.	1.0				
					REGISTRO N°:					
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO:										
CLIENTE:			UNIDAD:							
MÓDULO:			INSTALACIÓN:							
PROYECTO:			FECHA:							
ESTÁNDAR: ASME B31.3; Ed. 2012 TUBERÍA DE PROCESO / ASTM A956			PROCEDIMIENTO:							
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO A INSPECCIONAR:										
CODIGO DE SPOOL:		TIPO DE MATERIAL BASE:		DIÁMETRO:		PROCESO DE SOLDADURA:				
TIPO DE JUNTA:		DISEÑO DE BISEL:		ESPORES:		RUGOSIDAD:				
CLASE DE MATERIAL:		CATEGORÍA DE FLUIDO:		ISOMÉTRICO:		REVISIÓN:				
EQUIPOS Y MATERIALES USADOS										
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO (DURÓMETRO)		MARCA:		MODELO:		SERIAL N°:				
		ORIGEN:		TIPO:		FECHA DE CALIBRACIÓN:				
BLOQUE DE CALIBRACIÓN:		MARCA:		MODELO:		SERIAL N°:				
		ORIGEN:		ESCALA:		FECHA DE CALIBRACIÓN: REFERENCIA:				
DUREZAS OBTENIDAS EN CAMPO										
N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HR)				ANTES DEL PWHT		RESULTADO S	OBSERVACIONES
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO		
		0°								
		120°								
		240°								
TEMPERATURA SUPERFICIAL										
N° Junta	Soldador	Zona de Evaluación	REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA (HR)				DESPUES DEL PWHT		RESULTADO S	OBSERVACIONES
			MB 1	ZAC1	SOLDADURA	ZAC2	MB2	PROMEDIO		
		0°								
		120°								
		240°								
REPORTE FOTOGRAFICO										
INSPECCIONADO POR: ADEMINSAC			NOTAS:			RESULTADOS				
NOMBRE:			MB : Metal Base ZAC : Zona Afectada por el Calor PWHT : Tratamiento Post Tratamiento			A : ACEPTADO				
FIRMA:						R : RECHAZADO				
FECHA:										
<p>Los 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 - 956</p>										
APROBACIÓN FINAL										
REVISADO POR: TÉCNICAS METÁLICAS		REVISADO POR: TÉCNICAS REUNIDAS			APROBADO POR: OPT					
NOMBRE:	D:	NOMBRE:	D:	NOMBRE:	D:					
FIRMA:	M:	FIRMA:	M:	FIRMA:	M:					
FECHA:	A:	FECHA:	A:	FECHA:	A:					

Anexo 6. Plan de ensayo PWHT

		TRATAMIENTO TÉRMICO REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TRATAMIENTO TÉRMICO		AD - NDT - SMPH - TT - 001 PÁGINA: 01 of 02 FECHA: 16/12/2015 REV: 02	
TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA (PWHT)		PRE CALENTAMIENTO (PPT)		REGISTRO Nº: PWHT-VS-T-1440	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: TÉCNICAS METÁLICAS INGENIEROS S.A.C. MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA ASME B31.3 - Ed. 2014		INSTALACIÓN: PLANTA 3 - VILLA EL SALVADOR FECHA: diciembre 26, 2015 PROCEDIMIENTO: AD - NDT - SMPH - PWHT - 001			
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA A INSPECCIONAR:					
CÓDIGO DE SPOOL: DV3-P-01426-A-02-C TIPO DE JUNTA: BR CATEGORÍA DE FLUIDO: H33F	TIPO DE MATERIAL BASE: ASTM A387 (S/ASTM A335-P1) CATEGORÍA DE FLUIDO: NPS	DIÁMETRO: 1" ESORESORES: SCH-4000 ISOMETRICO: 02070-DV3-PWG-ISO-P-01426-02 HORA DE INICIO: 12:42 p. m. HORA FINAL: 09:50 p.m.	PROCESO DE SOLDADURA: GTAW REFUERZO DE SOLDADURA: 2.5 mm REVISION: 0		
ENSAYOS Y MATERIALES USADOS:					
CÓDIGO DE TRATAMIENTO TÉRMICO: ENTREGA DEL REGISTRADOR: ENTREGA DE RESISTENCIAS: ENTREGA DE LA TERMOCUPLA: ENTREGA DEL AISLAMIENTO:	MARCA: MarTimeStress ORIGEN: Canadá MARCA: CHINO MODELO: AS1225-100 MARCA: MarTimeStress MARCA: MarTimeStress MargTimeStress ThermoSt TEMP. MAX.: 1200 °C	MODELO: PVR2007-6 CANAL Nº: 06 Channels CLASE: Hybrid Recorder TIPO: Multi Point - 12 points MATERIAL: Ceramic MODELO: CP 70 TIPO: Type K MODELO: Poweroc ANCHO DE BANDA: 0.68 m	SERIE Nº: MS221 SERIE Nº: AH11Y006f VOLTO/VATIOS: 80V / 3.5W CANTIDAD: 2 units CANTIDAD: 02 units / W90502 ESPECIFICACION: 20000 CANTIDAD: 1/4 Box		
PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO:					
REF. PNT: 21		SOLDADOR: 9-1728		JUNTA:	
CONTROL DE PARÁMETROS		REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA	CUMPLE	OK or NO
Temperatura mínima de Pre Calentamiento		N/A	N/A	—	OK or NO
Temperatura Controlada desde (°C)		300	300	—	OK
Velocidad de Calentamiento (°C/hr)		120	120	—	OK
Temperatura Calentamiento (°C)		740	740	—	OK
Tiempo de mantenimiento (min)		120	120	—	OK
Temperatura de enfriamiento (°C)		100	100	—	OK
Temperatura controlada hasta (°C)		250	250	—	OK
NOTA:		NOTA:			
JUNTA:		SOLDADOR:		JUNTA:	
CONTROL DE PARÁMETROS		REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA	CUMPLE	OK or NO
Temperatura mínima de Pre Calentamiento					OK or NO
Temperatura Controlada desde (°C)					
Velocidad de Calentamiento (°C/hr)					
Temperatura Calentamiento (°C)					
Tiempo de mantenimiento (min)					
Temperatura de enfriamiento (°C)					
Temperatura controlada hasta (°C)					
NOTA:		NOTA:			
JUNTA:		SOLDADOR:		JUNTA:	
CONTROL DE PARÁMETROS		REQUERIMIENTO	N° DE TERMOCUPLA	CUMPLE	OK or NO
Temperatura mínima de Pre Calentamiento					OK or NO
Temperatura Controlada desde (°C)					
Velocidad de Calentamiento (°C/hr)					
Temperatura Calentamiento (°C)					
Tiempo de mantenimiento (min)					
Temperatura de enfriamiento (°C)					
Temperatura controlada hasta (°C)					
NOTA:		NOTA:			
APROBACIÓN FINAL					
INSPECCIONADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
NOMBRE: INSP. ANDRÉS VELAZCO (TN) FIRMA: [Firma] FECHA: 26/12/15	NOMBRE: BENIGNO GUSMÁN (ING) FIRMA: [Firma] FECHA: 24/12/15	NOMBRE: ANDRÉS VELAZCO (TN) FIRMA: [Firma] FECHA: 10 Ene. 17			

Anexo 7. Plan de ensayo THA-1

		INSPECCIÓN DE DURABILIDAD - DS REGISTRO DE INSPECCIÓN DE DS				M. PWT: 887.081	
		P&E BA:		FECHA: 27/09/2016		REV: 01	
REGISTRO Nº:						PTA-WS-T-0213	
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO							
CLIENTE: TÉCNICAS METÁLICAS S.A.C.				INSTALACIÓN: PLANTA S. HILLA EL SALVADOR			
PROYECTO: ASESORIA EN MANTENIMIENTO TALARÁ				FECHA: 27/09/2016			
ESTÁNDAR: ASME B31.3, Ed. 2012 NORMA DE PROCESO				PROCESAMIENTO: AP - MBT - DMR - RT - OBT DE L.B. Rev. 4.0			
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO A INSPECCIONAR							
CÓDIGO DE SPIOL: SPI-P&E/EL-P&AS/1-01-A		TIPO DE MATERIAL BASE: A312/A312-70/A312-70/A312-70-10		DIÁMETRO: 2",6"		PROCESO DE SOLDADURA: GTAW/TIG	
TIPO DE JUNTA: SWBW		DISEÑO DE JUNTA: V		ESPESORES: S04 S04/ S04-80		TOLERANCIA DE PERFORACIÓN: 2,5 mm	
CLASE DE MATERIAL: HB3F		CATEGORÍA DE FUBIDO: MPE		ISOMETRICO: 81816-DPI-PHG-50-P-5112-01		REVISIÓN: 2	
BLOQUE DE CALIBRACIÓN							
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO (CALIBRIMETRO)							
MARCA: Five Group		MODELO: 1W170		SERIAL N°: 7218F08802		LEYENDA	
ORIGEN: China		TIR: Relovent		FECHA DE CALIBRACIÓN: 27 JUNIO 2014		A/E MATERIAL BASE	
MARCA: METROW		MODELO: MBP 112.8		SERIAL N°: 076311198		D/C ZONA AFECTADA POR EL CALOR	
ORIGEN: USA		ESCALA: WVC		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08 JUNIO 2014		P/M/T INCREMENTO POST SOLDADURA	
				REFERENCIA: 45.2 IBC			
DURABILIDAD EN CALOR							
Nº Junta		Soldador		Zona de Inspección		REGISTRO DE ENSAYO DE DURABILIDAD (HR)	
						ANTES DEL PWHT	
						DESPUÉS DEL PWHT	
						OBSERVACIONES	
503-003		S-835		9"		MB1	
						MB2	
						MB3	
						MB4	
						MB5	
						MB6	
						MB7	
						MB8	
						MB9	
						MB10	
						MB11	
						MB12	
						MB13	
						MB14	
						MB15	
						MB16	
						MB17	
						MB18	
						MB19	
						MB20	
						MB21	
						MB22	
						MB23	
						MB24	
						MB25	
						MB26	
						MB27	
						MB28	
						MB29	
						MB30	
						MB31	
						MB32	
						MB33	
						MB34	
						MB35	
						MB36	
						MB37	
						MB38	
						MB39	
						MB40	
						MB41	
						MB42	
						MB43	
						MB44	
						MB45	
						MB46	
						MB47	
						MB48	
						MB49	
						MB50	
						MB51	
						MB52	
						MB53	
						MB54	
						MB55	
						MB56	
						MB57	
						MB58	
						MB59	
						MB60	
						MB61	
						MB62	
						MB63	
						MB64	
						MB65	
						MB66	
						MB67	
						MB68	
						MB69	
						MB70	
						MB71	
						MB72	
						MB73	
						MB74	
						MB75	
						MB76	
						MB77	
						MB78	
						MB79	
						MB80	
						MB81	
						MB82	
						MB83	
						MB84	
						MB85	
						MB86	
						MB87	
						MB88	
						MB89	
						MB90	
						MB91	
						MB92	
						MB93	
						MB94	
						MB95	
						MB96	
						MB97	
						MB98	
						MB99	
						MB100	
						MB101	
						MB102	
						MB103	
						MB104	
						MB105	
						MB106	
						MB107	
						MB108	
						MB109	
						MB110	
						MB111	
						MB112	
						MB113	
						MB114	
						MB115	
						MB116	
						MB117	
						MB118	
						MB119	
						MB120	
						MB121	
						MB122	
						MB123	
						MB124	
						MB125	
						MB126	
						MB127	
						MB128	
						MB129	
						MB130	
						MB131	
						MB132	
						MB133	
						MB134	
						MB135	
						MB136	
						MB137	
						MB138	
						MB139	
						MB140	
						MB141	
						MB142	
						MB143	
						MB144	
						MB145	
						MB146	
						MB147	
						MB148	
						MB149	
						MB150	
						MB151	
						MB152	
						MB153	
						MB154	
						MB155	
						MB156	
						MB157	
						MB158	
						MB159	
						MB160	
						MB161	
						MB162	
						MB163	
						MB164	
						MB165	
						MB166	
						MB167	
						MB168	
						MB169	
						MB170	
						MB171	
						MB172	
						MB173	
						MB174	
						MB175	
						MB176	
						MB177	
						MB178	
						MB179	
						MB180	
						MB181	
						MB182	
						MB183	
						MB184	
						MB185	
						MB186	
						MB187	
						MB188	
						MB189	
						MB190	
						MB191	
						MB192	
						MB193	
						MB194	
						MB195	
						MB196	
						MB197	
						MB198	
						MB199	
						MB200	
						MB201	
						MB202	
						MB203	
						MB204	
						MB205	
						MB206	
						MB207	
						MB208	
						MB209	
						MB210	
						MB211	
						MB212	
						MB213	
						MB214	
						MB215	
						MB216	
						MB217	
						MB218	
						MB219	
						MB220	
						MB221	
						MB222	
						MB223	

Anexo 9. Plan de ensayo PMI-1

LEÑOR		Inspección Mediante PMI (IDENTIFICACIÓN POSITIVA DE MATERIALES)		PÁGINA: 01 de 01									
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PMI		FECHA: 24/07/2016		REV: 01									
REGISTRO Nº: PMS-WS-7-0053													
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO:		CLIENTE: TÉCNICAS METÁLICAS S.A.C		INSTALACIÓN: PLANTA 3- VILLA EL SALVADOR									
PROYECTO: MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA		FECHA: 24/07/2016											
ESTÁNDAR: ASME B31.3 Ed. 2012		PROCEDIMIENTO: RE - 0050											
IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO A INSPECCIONAR:													
CONDUCCIÓN: DVS P-00812-A-04 A	TIPO DE MATERIAL: ASTM A335-P5 / ASTM A334-WPS CL1 / ASTM A182-F5	DIÁMETRO: 16"	PROCESO DE SOLDADURA: GTAW/CAW										
TIPO DE JUNTA: BWP	DISEÑO DE BUELO: V	ESPESORES: SCH-40	REFUERZO DE LA SOLDADURA: 2.3mm										
CLASE DE MATERIAL: B81P	CATEGORÍA DE FLUIDO: NPS	ISOMÉTRICO: 03070-DVS-PMS-ISO-P-00812-04	REVISIÓN: 0										
TIPO Y MATERIALES USADOS													
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO PMI:	MARKA: THERMO FISHER	MODELO: XLRI 800	SERIAL Nº: 8888	LEYENDA									
	ORIGEN: EE.UU	METODO: XRP	FECHA DE CALIBRACIÓN: OCTUBRE 23 DEL 2016	MB: MATERIAL BASE									
RÍDIDEZ DE CALIBRACIÓN:	MATERIAL: NITON	MODELO: IARM	SERIAL Nº: IARM 351M	S: SOLDADURA									
	ORIGEN: EE.UU	DIÁMETRO: 1 1/2"	FECHA DE CALIBRACIÓN: OCTUBRE 23 DEL 2016										
IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES EN CAMPO:													
REQUERIMIENTO SEGUN ASME B/ ISOA TÉCNICA													
	C	MB	SI	CU	OTROS								
Límite de Adaptación MAX	0.0	0.65											
Límite de Adaptación MIN	0.0	0.45											
DATOS DE CAMPO DE JUNTAS SOLDADAS													
Nº DE JUNTA	FORMA DE BUELO	UBICACIÓN	TIEMPO	C1	MB1	SI	CU	C	OTROS	COMENTARIOS	OK O NO		
J-01	S	0°	MB 1	15 seg	4.530	0.538						OK	
			MB 2	15 seg	5.015	0.572						OK	
			MB 1	15 seg	4.532	0.502						OK	
			S	180°	15 seg								OK
			MB 2	15 seg									OK
COMENTARIOS: ER B02-B6 / EB1T1-B6M MTB1: ASTM A335-P5 MTB2: ASTM A182-F5 DIÁMETRO/ESPESOR: 16" / SCH-40													
J-02	S	0°	MB 1	15 seg	4.738	0.567						OK	
			MB 2	15 seg	4.982	0.600						OK	
			MB 1	15 seg	4.536	0.511						OK	
			S	180°	15 seg								OK
			MB 2	15 seg									OK
COMENTARIOS: ER B02-B6 / EB1T1-B6M MTB1: ASTM A335-P5 MTB2: ASTM A334-WP-CL1 DIÁMETRO/ESPESOR: 16" / SCH-40													
	S	0°	MB 1	15 seg									
			MB 2	15 seg									
			MB 1	15 seg									
			S	180°	15 seg								
			MB 2	15 seg									
COMENTARIOS:													
	S	0°	MB 1	15 seg									
			MB 2	15 seg									
			MB 1	15 seg									
			S	180°	15 seg								
			MB 2	15 seg									
COMENTARIOS:													
	S	0°	MB 1	15 seg									
			MB 2	15 seg									
			MB 1	15 seg									
			S	180°	15 seg								
			MB 2	15 seg									
COMENTARIOS:													
COMENTARIOS FINALES: EN TODAS LAS JUNTAS SE VERIFICÓ LA MARCA "AV" SEGUN GP, SE-22-01.													
INSPECCIONADO POR:			REVISADO POR:			APROBADO POR:							
NOMBRE: IVAN RODRIGUEZ HORNA			NOMBRE: DANIELA BARRON			NOMBRE: JUAN CARLOS BARRON							
FIRMA: <i>[Firma]</i>			FIRMA: <i>[Firma]</i>			FIRMA: <i>[Firma]</i>							
FECHA: 14/07/16			FECHA: 14/07/16			FECHA: 30/07/16							



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA y METALÚRGICA

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

BODAS DE ORO 1967-2017

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO METALÚRGICO

En Huacho, el día **21 de agosto de 2018**, siendo las **2:00 pm.**, en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales, los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

Presidente : Dr. Salcedo Meza, Maximo Tomas **DNI N° 15602588**
Secretario : M(o) Ipanaque Roña, Juan Manuel **DNI N° 32952515**
Vocal : Ing. Abarca Rodríguez, Joaquín José **DNI N° 15740291**

El (a) postulante al Título Profesional de **Ingeniero Metalúrgico: Vargas Martínez, Ederson Halec**; Identificado(a) con **D.N.I N° 48383953**; procedió a la Sustentación de la Tesis: **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE TUBOS DE ACERO ASTM-P5 PARA GARANTIZAR LA CALIDAD Y SER UTILIZADO EN EL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE LA REFINERIA TALARA**, autorizado mediante Resolución de Decanato N° **0646-2018-D-FIQyM** de fecha **20 de agosto del 2018** de conformidad con las disposiciones del Reglamento de Grados Académicos de Bachiller y Títulos Profesionales vigentes, si absolvió las interrogantes que le formularon los Señores Miembros del Jurado.

Concluida la Sustentación de la Tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando el candidato *aprobado* por *unanimidad* con la nota:

CALIFICACIÓN		EQUIVALENCIA	CONDICIÓN
NUMERO	LETRAS		
18	Dieciocho	Excelente	Aprobado

Siendo las **3 p.** m. del **21** de **agosto** del dos mil **Dieciocho**, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando el Jurado Evaluador las Actas de Sustentación de Tesis para optar el Título Profesional de **INGENIERO METALÚRGICO**, correspondiente al folio del Libro de Acta N° **370**

Libro de Acta N° 370

Dr. Salcedo Meza, Maximo Tomas
PRESIDENTE

M(o) Ipanaque Roña, Juan Manuel
SECRETARIO

Ing. Abarca Rodríguez, Joaquín José
VOCAL