

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA PARA LA FABRICACIÓN DE NAVES INDUSTRIALES – PROYECTO CENTRAL HIDROMANTA, LIMA, 2018”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

David Alberto Huaras Lima

Asesor:

Ing. Luis Alfredo Colonio García

Lima - Perú

2018



DEDICATORIA

A mis profesores que nos inculcaron y guiaron con sus decisiones y sabiduría en seguir adelante en el reto de ser cada día mejores profesionales, a los futuros colegas de la carrera de ingeniería civil que nos propusimos marcar la diferencia y llevar en alto el nombre de la

UPN.

A la Lic. Mayra Casasola por el apoyo incondicional en lograr mis metas y objetivos profesionales.

AGRADECIMIENTO

En la presente investigación presentada agradezco al asesor por los esfuerzos por todos los consejos y sugerencias y poder culminar satisfactoriamente esta investigación.

Agradecer a mi familia, aunque sin estar presente me brindaba su apoyo a la distancia en la culminación de mis estudios universitarios.

Un agradecimiento especial al ing. Luis Alfredo Colonio por el apoyo y la paciencia durante la elaboración de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Realidad Problemática	15
1.3. Formulación del Problema	16
1.3.1. <i>Problema General</i>	17
1.3.2. <i>Problemas Específicos</i>	17
1.3.2.1. <i>Problema Específico 1</i>	17
1.3.2.2. <i>Problema Específico 2</i>	17
1.3.2.3. <i>Problema Específico 3</i>	17
1.4. Justificación.....	18
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i>	18
1.4.2. <i>Justificación Práctica</i>	18
1.4.3. <i>Justificación cuantitativa</i>	18
1.4.4. <i>Justificación académica</i>	18
1.5. Objetivos	19
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	19
1.5.1.1. <i>Objetivo Específico 1</i>	19
1.5.1.2. <i>Objetivo Específico 2</i>	19
1.5.1.3. <i>Objetivo Específico 3</i>	19
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Acero.....	20
2.1.1. <i>Fabricación de acero</i>	20
2.1.2. <i>Microconstituyentes del acero</i>	22
2.1.2.1. <i>Ferrita</i>	22
2.1.2.2. <i>Austenita</i>	23
2.1.2.3. <i>Cementita</i>	23
2.1.2.4. <i>Perlita</i>	23
2.1.3. <i>Clasificación del acero</i>	23
2.1.3.1. <i>Según el modo de fabricación</i>	24
2.1.3.2. <i>Según el modo de trabajo</i>	24
2.1.4. <i>Influencia de la composición química en el acero</i>	25
2.1.5. <i>Acero estructural</i>	26

2.1.6.	<i>Propiedades del acero estructural</i>	26
2.1.6.1.	<i>Punto de fluencia y resistencia ultima</i>	27
2.1.6.2.	<i>Fragilidad</i>	29
2.1.6.3.	<i>Tenacidad</i>	30
2.1.6.4.	<i>Dureza</i>	30
2.1.6.5.	<i>Ductilidad</i>	30
2.1.6.6.	<i>Fatiga</i>	30
2.1.7.	<i>Ventajas y desventajas del acero estructural</i>	30
2.2.	Normas de soldadura.....	31
2.2.1.	<i>AWS D1.1-2015</i>	31
2.2.2.	<i>Norma Técnica de edificación NTE E.090</i>	33
2.3.	Soldadura.....	35
2.3.1.	<i>Temperatura de precalentamiento</i>	35
2.3.2.	<i>Soldabilidad del acero</i>	36
2.4.	Procesos de soldadura.....	38
2.4.1.	<i>SMAW (Shielded Metal Arc Welding)</i>	39
2.4.2.	<i>GMAW (Gas Metal Arc Welding)</i>	39
2.4.3.	<i>FCAW (Flux Cored Arc Welding)</i>	40
2.4.4.	<i>SAW (Submerged Arc Welding)</i>	40
2.4.5.	<i>GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding)</i>	40
2.4.6.	<i>PAW – PAC (Plasma Arc Welding – Plasma Arc Cutting)</i>	41
2.5.	Procedimiento de soldadura (WPS)	42
2.5.1.	<i>Variables</i>	45
2.6.	Ensayos no destructivos (NDT).....	47
2.6.1.	<i>Inspección visual (visual testing - PT)</i>	47
2.6.2.	<i>Tintes penetrantes (penetrant testing - PT)</i>	49
2.6.3.	<i>Partículas magnéticas (magnetic testing - MT)</i>	50
2.6.4.	<i>Ultrasonido (ultrasonic testing - UT)</i>	50
2.6.5.	<i>Radiografía industrial (radiography testing - RT)</i>	51
2.7.	Control de calidad de estructuras soldadas	53
2.7.1.	<i>Ámbito de aplicación</i>	53
2.7.2.	<i>Beneficio del Control de Calidad</i>	54
2.7.3.	<i>Incidencia de los Ensayos no Destructivos en el control de calidad.</i>	54
2.7.4.	<i>Calidad total</i>	55
2.7.5.	<i>Dossier de calidad</i>	57
2.8.	Definición de términos básicos.....	58
2.8.1.	<i>Aleación</i>	58
2.8.2.	<i>Control de calidad</i>	58
2.8.3.	<i>Corte de acero</i>	58
2.8.4.	<i>Transformaciones alotrópicas</i>	59
CAPÍTULO 3.	DESARROLLO	60
3.1.	Organización.....	60
3.1.1.	<i>Misión y visión de la empresa</i>	61
3.1.2.	<i>Ubicación</i>	61
3.2.	Desarrollo del objetivo 1.....	62
3.2.1.	<i>Plan de puntos de inspección</i>	63

3.2.2.	<i>Listado de dossier de calidad de soldadura</i>	64
3.2.3.	<i>Costo de la No Calidad</i>	65
3.2.4.	<i>Herramientas, equipos y instrumentos</i>	65
3.2.5.	<i>Mano de obra</i>	68
3.3.	Desarrollo del objetivo 2.....	68
3.3.1.	<i>Plan de calidad de la soldadura</i>	69
3.3.2.	<i>Criterios de aceptación según el AWS D1.1-2015</i>	77
3.3.3.	<i>Procedimiento de inspeccion visual de soldadura</i>	85
3.3.4.	<i>Procedimiento de particulas magneticas</i>	92
3.3.5.	<i>Procedimiento de ultrasonido</i>	100
3.4.	Desarrollo del objetivo 3.....	108
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		115
4.1.	RESULTADO DEL OBJETIVO 1.....	115
4.2.	RESULTADO DEL OBJETIVO 2.....	115
4.3.	RESULTADO DEL OBJETIVO 3.....	115
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES		116
RECOMENDACIONES		117
REFERENCIAS		118
ANEXOS		119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n. ° 2.1	Influencia de la composición química en el acero.	25
Tabla n. ° 2.2	Propiedades de aceros estructurales.....	28
Tabla n. ° 2.3	Temperatura mínima de precalentamiento.....	35
Tabla n. ° 2.4	Niveles de hidrogeno.....	37
Tabla n. ° 2.5	Temperatura de precalentamiento	38
Tabla n. ° 3.1	Plan de puntos de inspección (PPI)	63
Tabla n. ° 3.2	Máquinas para soldar.....	66
Tabla n. ° 3.3	Equipos para soldar	67
Tabla n. ° 3.4	Perfiles de soldadura	81
Tabla n. ° 3.5	Espesores de perfiles de soldadura	81
Tabla n. ° 3.6	Criterios de aceptación o rechazo por UT carga estatica	105
Tabla n. ° 3.7	Criterios de aceptación o rechazo por ut carga ciclica	106
Tabla n. ° 3.8	Composición química del ASTM A572 Gr. 50.	108
Tabla n. ° 3.9	Composición química según certificado de calidad de viga W12x26#.	109
Tabla n. ° 3.10	Requerimientos de esfuerzos.	109
Tabla n. ° 3.11	Resistencia a la tracción y fluencia de viga laminada.....	109
Tabla n. ° 3.12	Composición química de la viga laminada.	110
Tabla n. ° 3.13	Composición química para calcular la dureza de hidrógeno.	111
Tabla n. ° 3.14	Índice de susceptibilidad.	112
Tabla n. ° 3.15	Dimensiones de la viga laminada.	113
Tabla n. ° 3.16	Mínima temperatura de precalentamiento.....	113
Tabla n. ° 3.17	Temperatura de precalentamiento.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n. ° 2.1	Proceso de fundición en alto horno y horno eléctrico.	21
Figura n. ° 2.2	Diagrama de aleación hierro carbono.	22
Figura n. ° 2.3	Perfiles de acero estructural.	26
Figura n. ° 2.4	Diagrama de esfuerzo-deformación.	29
Figura n. ° 2.5	AWS D1.1-2015.....	33
Figura n. ° 2.6	NTE 0.90 Estructuras metálicas	34
Figura n. ° 2.7	Zona de clasificación del acero	36
Figura n. ° 2.8	Proceso de precalentamiento.	38
Figura n. ° 2.9	Máquina de corte de plasma.	41
Figura n. ° 2.10	Procedimiento de soldadura.	42
Figura n. ° 2.11	PQR parte 1	43
Figura n. ° 2.12	PQR parte 2	44
Figura n. ° 2.13	Probetas para calificación de procedimiento de soldadura.....	45
Figura n. ° 2.14	Electrodo ER70S-6	46
Figura n. ° 2.15	Materiales a soldar (ASTM A572 GR. 50).....	46
Figura n. ° 2.16	Medición de cateto de soldadura.	48
Figura n. ° 2.17	Medidor de filete de soldadura.	48
Figura n. ° 2.18	Aplicación de tinte penetrante.	50
Figura n. ° 2.19	Proceso de Ultrasonido.	51
Figura n. ° 2.20	Proceso de radiografía.	52
Figura n. ° 2.21	Fuente de Iridio	52
Figura n. ° 2.22	Rotulado de placas	52
Figura n. ° 2.23	Transformación alotrópica del acero	59
Figura n. ° 3.1	Organigrama de Fabricantes y Constructores S.R.L.....	60
Figura n. ° 3.2	Mapa de ubicación de FyCo SRL.	61
Figura n. ° 3.3	Pruebas mecánicas.....	73
Figura n. ° 3.4	Control de calidad en la soldadura	74
Figura n. ° 3.5	Discontinuidades del proceso de soldadura.....	77
Figura n. ° 3.6	Criterios de aceptación	78
Figura n. ° 3.7	Tipos de fisuras	79
Figura n. ° 3.8	Requerimientos para el procedimiento de Inspección Visual (VT)	80
Figura n. ° 3.9	Requerimientos de soldadura a tope (A).....	82
Figura n. ° 3.10	Requerimientos de soldadura a ranura (B)	82
Figura n. ° 3.11	Requerimientos de soldadura a ranura (C)	83
Figura n. ° 3.12	Requerimientos de soldadura a ranura en juntas en T (D)	83
Figura n. ° 3.13	Requerimientos de soldadura a filete (E)	84

Figura n. ° 3.14	Requerimientos de soldadura en esquinas (F)	84
Figura n. ° 3.15	Medición de catetos de soldadura	90
Figura n. ° 3.16	Medición de sobremonta.....	90
Figura n. ° 3.17	Registro de recepción de materiales	91
Figura n. ° 3.18	Posicionamiento de yugo de partículas magnéticas	95
Figura n. ° 3.19	Desplazamientos de las partículas magnéticas	96
Figura n. ° 3.20	Posición para juntas a filete.....	96
Figura n. ° 3.21	Posición aplicable para juntas circunferenciales	97
Figura n. ° 3.22	Secuencia de etapas de las partículas magnéticas	98
Figura n. ° 3.23	Formulario de Reporte de resultados.	99
Figura n. ° 3.24	Junta a tope	101
Figura n. ° 3.25	Junta con bisel.....	101
Figura n. ° 3.26	Cristal Translucido.....	102
Figura n. ° 3.27	Bloque de referencia	103
Figura n. ° 3.28	Calibración de bloque de referencia	104
Figura n. ° 3.29	Formas de barrido con ultrasonido	104
Figura n. ° 3.30	Registro de ultrasonido	107
Figura n. ° 3.31	Diagrama de zona de fragilidad por el hidrógeno.....	111

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación n. ° 2.1 Carbono equivalente	36
Ecuación n. ° 2.2 Porcentaje de hidrógeno	37
Ecuación n. ° 2.3 Índice de susceptibilidad.....	37

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal establecer un sistema de control de calidad para cada etapa del proceso de soldadura en la fabricación de naves industriales de acuerdo a la Norma AWS D1.1–2015, para esto se desarrolló distintos instructivos, criterios de aceptación, procedimientos de soldadura y la homologación de los soldadores para evaluar su destreza en la fabricación de una nave industrial para el proyecto Hidromanta. En cada capítulo se detalla el correcto manejo de la Normativa correspondiente al proceso de soldadura.

En este trabajo se analiza la influencia de las distintas propiedades del acero en el proceso de soldadura y cómo influye el aporte de calor en la formación discontinuidades y hacer la interpretación de acuerdo a las tablas y referencias de la norma AWS D1.1–2015.

Se determinó los controles que se debe realizar en cada etapa del proceso de soldadura, desde la recepción de los materiales, evaluar la mano de obra y el correcto proceso a emplear, para esto se elaboró procedimientos e instructivos que sirven de guía para la correcta interpretación de los Ensayos no Destructivos (NDT) a usar en la fabricación de naves industriales.

Por último se evaluó la soldabilidad de los elementos estructurales (vigas laminadas) de acuerdo a la norma AWS D1.1–2015, analizando el carbono equivalente que influye en la aparición de hidrógeno y evitar posibles fisuras en las áreas soldadas.

Se recomienda seguir la directriz propuesta en este trabajo, o sea, primero revisar el estudio del código de soldadura, luego los procedimientos-guía, y finalmente los instructivos de llenado de los formatos.

ABSTRACT

The present work was to establish a quality control system for each stage that demands the welding process according to AWS D1.1 - 2015, for this we will develop welding procedures and the approval of the welders to evaluate their Dexterity in the manufacture of an industrial warehouse for the Hidromanta project. In each chapter we will detail the correct handling of the Norm corresponding to the welding process.

The influence of the different properties of the steel in the welding process was analyzed and how the contributions of heat in the formation of discontinuities influences and make the interpretation according to the tables and references of the AWS D1.1 - 2015 standard.

It was determined the controls that must be carried out in each stage of the welding process, from the reception of the materials, to evaluate the labor and the correct process to be used, for this procedure and instructions were elaborated that serve as a guide for the correct interpretation of the Non-Destructive Tests (NDT) to be used in the manufacturing of the industrial warehouse.

Finally, the weldability of the structural elements (laminated beams) was evaluated according to the AWS D1.1-2015 standard, analyzing the equivalent carbon that influences the appearance of hydrogen and avoiding cracks in the welded areas.

It is recommended to follow the guideline proposed in this project, that is, first review the study of the code, then the procedures-guide, and finally the instructions for filling the forms.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

El autor (Moisés Valentín Ramos Pineda, 2015) en su tesis “Inspección y control de calidad en conexiones soldadas de los miembros estructurales de acero del edificio Torre Piamonte” resalta la escasa participación de los ingenieros civiles certificados en el área de soldadura, describiendo recomendaciones prácticas a tomar en cuenta en los procesos de soldadura, considerando variables como el material de aporte y luego evaluándolos en laboratorios y así determinar la eficacia del mencionado procedimiento. La mala ejecución de la soldadura sin el debido control de calidad conllevará a productos defectuosos para evitar estos contratiempos se recomienda el uso de Ensayos No Destructivos (NDT) en las juntas de soldadura a realizar.

Vega (2011) en su trabajo de grado titulado Desarrollo de procedimientos de soldadura, calificación de soldadores y control de calidad de estructuras de acuerdo con el AWS D1.1 nos detalla la influencia del control de calidad en cada etapa que se realiza la soldadura, determinando la incidencia de los defectos y no conformidades que conlleva un mal proceso de soldadura, siendo su objetivo principal realizar procedimientos de soldadura para que el proceso se desarrolle óptimamente y así poder realizar la soldadura sin demoras u retrocesos en el tiempo estimado de la fabricación. Así el autor presenta instructivos para el correcto llenado de los formatos que corresponde a los procedimientos de soldadura (WPS) y las técnicas de Ensayo No Destructivos (NDT).

El autor (Christian Miguel Villacres Guevara, 2009) en su tesis “Implementación de un sistema de inspección para control de calidad de soldadura en estructura metálica con el uso de ensayos no destructivos para la empresa INENDEC” desarrolla un conjunto de

procedimientos con sus respectivos procedimientos aplicables al proceso de soldadura, los cuales son inspeccionados con NDT de acuerdo a la Norma AWS D1.1-2015 con el que se evalúa los criterios de aceptación y rechazo de la estructura metálica. Adicionalmente evalúa los costos que demanda la implementación de un sistema de calidad aplicado al área de soldadura y los beneficios que obtendrá en el desarrollo de los proyectos que ejecuten.

Antecedentes Nacionales

Los autores (Carlos Enrique abanto Ríos y Pedro Antonio Rivera, 2017) en su tesis “Calidad superficial de uniones soldadas evaluadas Mediante inspección visual de acuerdo al código AWS D1.1” describen los criterios mediante la técnica de inspección visual al fierro corrugado soldado, determinando los rangos de aceptación que determina la norma AWS D1.1-2015, recalcando que el primer ensayo no destructivo a realizar en cualquier estructura es la inspección visual y para esto el personal debe ser el más idóneo y homologado por la ASNT para poder detectar discontinuidades u defectos que pueda presentar la mencionada estructura. Después de varios ensayos determino que las estructuras soldadas presentaran discontinuidades pero no toda discontinuidad será un defecto.

El autor (Franklin Campos Torres, 2014) en su tesis “Control de calidad en los procesos de soldadura FCAW-SMAW” evalúa la soldadura desde el punto de vista metalúrgico, analizando cada etapa que se presenta por el aporte de calor en zona afectada (ZAC) comprobando las limitaciones que brindan la elección de un determinado proceso de soldadura y así poder planificar un buen plan de aseguramiento de la calidad desarrollándolo en tres fases, las cuales son: Planificación de la gestión de la calidad, aseguramiento de la calidad y plan de control de calidad.

El autor (Raúl Caldas Espejo, 2011) en su tesis “Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero para concreto reforzado belgo 60” demostró que no todos los procesos de soldadura son adecuados para un material, teniendo en cuenta el material de aporte es muy influyente en las propiedades químicas y dúctiles de la estructura a soldar, esto evaluado con ensayos destructivos y así evidenciar un correcto proceso de soldadura. Al finalizar evidencio que la correcta selección del material de aporte para la soldadura de las barras corrugadas que garantiza las No Conformidades y rechazos por un mal proceso de soldadura que se pudiese realizar.

1.2. Realidad Problemática

Actualmente en el proceso constructivo de naves industriales se evidencia mucha informalidad y falta de experiencia en los profesionales que ejecutan proyecto correspondientes al proceso de soldadura, adicional no se registra una correcta recepción de materiales para evidenciar si vienen con su certificado de calidad de sus proveedores, también la falta de capacitación del personal e ingenieros civiles involucrados en la ejecución de obras de construcciones soldadas de gran magnitud que no ejecutan un correcto control de calidad en las estructuras soldadas.

Esta problemática conlleva a la mala ejecución de la soldadura como material de conexión, en la cual no se tiene planes de control de calidad que todo proyecto requiere. Por lo que es necesario realizar un instructivo de control de calidad mediante el uso de Ensayos No Destructivos (NDT) en sus juntas soldadas. Este documento está elaborado, siguiendo los lineamientos de las normas AWS D1.1-2015.

Para la realización un correcto Control de Calidad a las estructuras soldadas de las naves industriales para nuestra investigación del Proyecto Central Hidromanta, se han

considerado aspectos como: la falta de inspección y control de calidad de la soldadura aplicada a las juntas de la estructura; el diseño de la nave industrial y los tipos de NDT necesarios para llevar a cabo la detección, evaluación y calificación de la soldadura aplicada.

En el campo de la ingeniería civil para la construcción de naves industriales se debe tener especial énfasis en los documentos u procedimientos a seguir para el proceso de soldadura de naves industriales, para garantizar buenas uniones soldadas en las estructuras de acero se debe contar con estos instructivos ya que son poco conocidos en la ejecución de proyectos.

1.3. Formulación del Problema

Actualmente en nuestro país no contamos con una buena práctica en el proceso de soldadura de naves industriales, se evidencia un proceso informal esto debido a un deficiente proceso y control de la soldadura para disminuir los defectos que eventualmente se evidencia. Se precisa de una guía de control de calidad en el proceso de soldadura en la fabricación de naves industriales. Actualmente hay un desinterés de los ingenieros civiles por acreditarse como inspectores en la AWS y en los ensayos no destructivos (NDT).

Los ensayos no destructivos son técnicas que nos ayudan a verificar si el proceso de soldadura está bien realizado y nos permite detectar defectos en la uniones soldadas, corrigiéndolos para evitar fallas en la soldadura de las naves industriales.

1.3.1. Problema General

¿En qué medida un sistema de control de calidad en el proceso de soldadura asegura una buena fabricación de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018?

1.3.2. Problemas Específicos

1.3.2.1. Problema Específico 1

¿Cómo podemos determinar los controles que se puede realizar en el proceso de soldadura para la fabricación de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018?

1.3.2.2. Problema Específico 2

¿Cómo podemos establecer instructivos de control de calidad en el proceso de soldadura para la fabricación de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018?

1.3.2.3. Problema Especifico 3

¿Cómo podemos determinar la soldabilidad de los elementos estructurales de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

Esta investigación promueve la buena práctica en el proceso de soldadura en la fabricación de naves industriales, actualmente en el sector construcción no es muy usual el empleo de la normas de soldadura en la ejecución de proyectos y esto a futuro generara pérdidas económicas y tiempos innecesarios.

1.4.2. Justificación Práctica

Desde el punto de vista práctico, esta investigación busca proponer un instructivo de control de calidad para los procesos soldadura que sirva de guía en la correcta elección de procesos y parámetros para obtener naves industriales que cumplan los requerimientos que solicitan las normas internacionales de soldadura, actualmente en el proceso de soldadura de la gran mayoría de proyectos no se toma en cuenta las normas existentes y recomendaciones como materiales de aporte, tratamientos térmicos, tolerancias dimensionales, proceso de soldadura y acabado superficial, que involucra la realización de trabajos en base a procedimientos descritos en la Norma AWS D1.1-2015.

1.4.3. Justificación cuantitativa

Será factible la detección de discontinuidades y evaluar los criterios de aceptación según la norma AWS D1.1-2015 en el proceso de soldadura de naves industriales.

1.4.4. Justificación académica

Este trabajo será de gran aporte para los estudiantes y profesionales de las distintas ramas de la ingeniería que precisen conocer los procedimientos en el control de calidad de la soldadura de naves industriales bajo la normativa del AWS D1.1–2015.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Proponer un sistema de control de calidad en el proceso de soldadura para asegurar una buena fabricación de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018.

1.5.1.1. Objetivo Específico 1

Determinar los controles que se puede realizar en el proceso de soldadura para la fabricación de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018.

1.5.1.2. Objetivo Específico 2

Establecer los instructivos de control de calidad en el proceso de soldadura para la fabricación de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018.

1.5.1.3. Objetivo Especifico 3

Determinar la soldabilidad de los elementos estructurales de naves industriales para el Proyecto Central Hidromanta, Lima, 2018.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Acero

El acero es el resultado de la aleación del hierro y carbono y se divide en 3 tipos: de bajo, medio y alto carbono, en los cuales el porcentaje de carbono será fundamental para determinar las propiedades y ambientes en que estará sometido la estructura. En el sector construcción se acostumbra usar aceros de bajo carbono por ser maleable y tenaz, el cual posee óptimas propiedades ante eventos cíclicos o deformaciones que se pueda presentar en la estructura a edificar.

Existen diferentes tipos de aceros y estos varían de acuerdo al porcentaje de carbono que contienen, se clasifican en 3 tipos.

- **De bajo carbono:** cuando el contenido de carbono es menor al 0.25%.
- **De mediano carbono:** el carbono está presente entre el 0.25% y 0.45%.
- **De alto carbono:** carbono comprendido entre el 0.45% y 0.90%.

2.1.1. Fabricación de acero

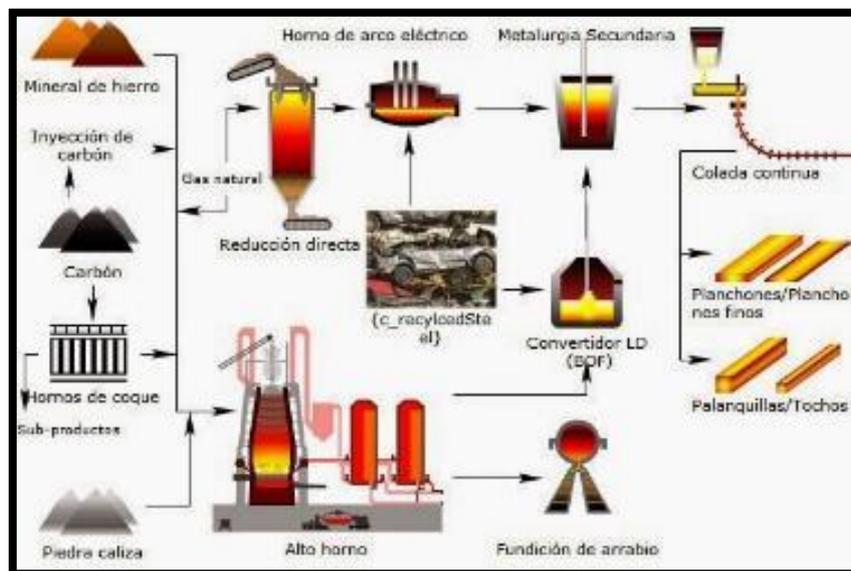
Para la fabricación de acero se debe refinar el mineral de hierro y otros metales, adicionalmente se le agrega coque (combustible a base de carbón mineral) y en el alto horno se le inyecta ráfagas de oxígeno para crear una gran combustión a grandes temperaturas.

El acero al carbono debe pasar por varios procesos antes de obtener en producto final, esto empieza desde la fundición en un alto horno o horno eléctrico, luego a la temperatura de 1500 °C se realiza el proceso de colada en sub-producto denominado arrabio que se alea con otros metales como el cromo, molibdeno, cobre, níquel, vanadio,

titanio, fósforo, azufre, sílice, para obtener características de ductilidad y resistencia a la corrosión.

Como etapa final el arrabio combinado con otros metales se vierte en cucharones hacia moldes denominados palanquillas y luego con este producto se procede al laminado en máquinas automatizadas de acuerdo al perfil que uno requiera (ver Figura n. ° 2.1).

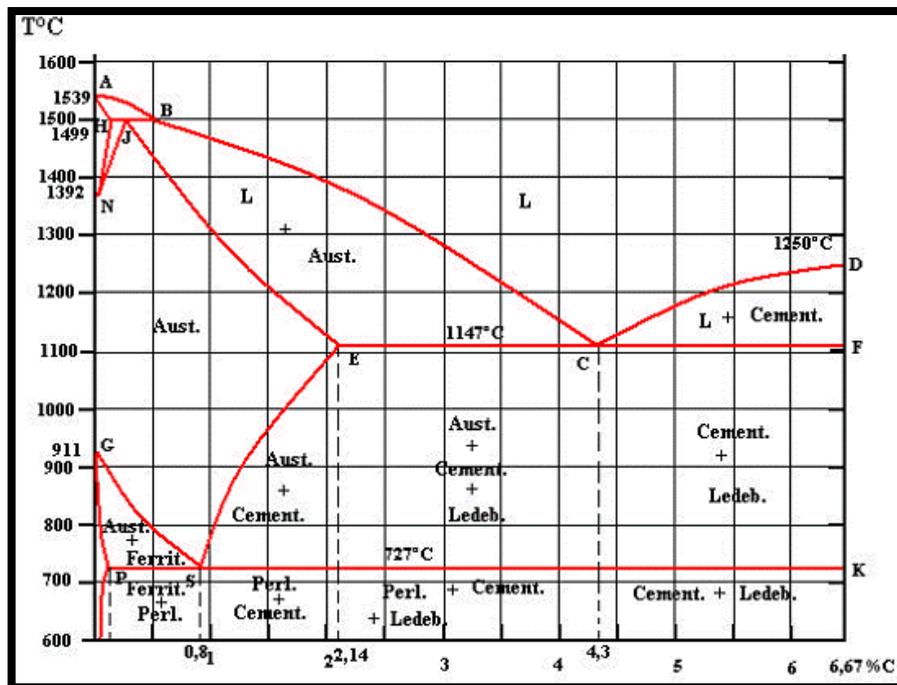
Figura n. ° 2.1 Proceso de fundición en alto horno y horno eléctrico.



Fuente: Aceros Arequipa

Para obtener diferentes tipos de acero se hace uso del diagrama hierro carbono, donde visualizamos las fases Fe-C y transformaciones “alotrópicas” que se producen a distintas temperaturas por proceso de calentamiento o enfriamiento. Las reacciones eutécticas y eutectoides varían en la fase estable Fe-C y la fase metaestable Fe-Fe₃C. Entre 911 °C y 1400 °C se forma la austenita y entre 1400 °C y 1538 °C se denomina hierro δ. También hay otros compuestos que se forman como la ledeburita, perlita, ferrita y cementita (ver Figura n. ° 2.2).

Figura n. ° 2.2 Diagrama de aleación hierro carbono.



Fuente: Introducción a la metalurgia de la soldadura - PUCP.

2.1.2. Microconstituyentes del acero

Durante la transformación en varias etapas del acero se presentan diferentes microconstituyentes que cambian la red cristalina dependiendo de la temperatura. A continuación detallamos los principales microconstituyentes del acero al carbono.

2.1.2.1. Ferrita

Es una solución sólida intersticial en hierro (δ). La ferrita es dúctil y no ejerce mucha influencia en el acero ya que se presenta a altas temperaturas.

2.1.2.2. Austenita

Es una solución sólida de hierro y carbono de mayor densidad, llamado hierro (γ) y posee una muy buena conductividad eléctrica y no es magnética.

2.1.2.3. Cementita

Conocido también como carburo de hierro, Es un compuesto constituido de 6.67 % de C, la cementita es el compuesto más duro de los aceros al carbono.

2.1.2.4. Perlita

La perlita no es una fase y está constituida por láminas de ferrita y cementita que varían de acuerdo a la velocidad de enfriamiento.

2.1.3. Clasificación del acero

Hay una gran cantidad de aceros que se usan en sector construcción y estas se seleccionan de acuerdo a la fluencia y el trabajo que va a estar sometido a desgastes, impactos, corrosión, etc. Entre los aceros más usados para la fabricación de una nave industrial tenemos los siguientes:

- Acero estructural ASTM A36, este material es el más usual por sus propiedades de fluencia y adaptables a varios procesos de soldadura. Sirven como refuerzos en las cartelas, placas base, atiesadores, etc.
- Acero estructural ASTM A572 Gr. 50, tiene una muy buena fluencia y es ideal para columnas y vigas en las naves industriales.

- Tubos redondos estructurales soldados y sin costura son los ASTM A53 Gr. B, ideal para la construcción de barandas, pasamanos y sistema contra incendios.
- Tubos cuadrados y rectangulares plegados son los ASTM A500.

Cada material deberá contar con el certificado de calidad respectivo donde se debe visualizar los reportes de ensayos realizados por un laboratorio de acuerdo con la Norma ASTM A6.

2.1.3.1. Según el modo de fabricación

Existen dos formas de fabricación del acero que son: el acero por proceso de fundición y en horno eléctrico. El acero producto de la fundición nos provee la empresa SIDERPERU que emplea pelex, y coque para obtener el arrabio y por procesos coladas continuas proveen de acero. El acero producto de los hornos eléctricos es un técnica empleada por ACEROS AREQUIPA, para este proceso utilizan chatarra reciclada y nos brindan aceros con muy buena calidad.

2.1.3.2. Según el modo de trabajo

Tenemos el acero laminado, forjado en frío y moldeado. El acero puede ser acero laminado en caliente o en frío, para obtener este tipo de acero primero debe pasar por diferentes rodillos hasta obtener el perfil deseado con medidas uniformes en todo su largo. El acero forjado en frío se produce por procesos de prensado, lo cual da mayor resistencia en la estructura granular del acero. El acero moldeado es el acero fundido y luego vertido en moldes para obtener la forma que uno desee, la desventaja principal es el contenido de carbono que posee, alrededor del 0.06 %, esto logra algo de fragilidad en el acero.

2.1.4. Influencia de la composición química en el acero

La influencia de la composición química en los distintos aceros es vital para determinar sus propiedades estructurales, estos elementos se adicionan para mejorar y dar mejores propiedades para desgaste, impacto, corrosión, etc.

El acero no es un metal puro sino que es una “aleación” con otros elementos químicos, y cada uno de estos puede mejorar como reducir sus propiedades mecánicas, el más perjudicial de estos elementos es el hidrógeno, porque en porcentajes elevados produce la fragilidad del acero.

En la tabla n. ° 2.1 se visualiza como aumenta (A) y disminuye (D) los distintos elementos químicos las propiedades del acero.

Tabla n. ° 2.1 Influencia de la composición química en el acero.

Propiedades	Dureza	Ductilidad	Soldabilidad	Abrasión	Ruptura	Fatiga	Corrosión	Fragilidad	Resistencia a altas temperaturas
1 Carbono	A	D	D						
2 Boro	A								
3 Cromo	A		D	A	A		A		
4 Colombio									
5 Cobre	A	D			A	A	A		
6 Hidrógeno								A	
7 Manganeso	A		D		A				
8 Molibdeno	A		A	A					
9 Níquel	A		D		A		A		
10 Fosforo	A	D	D		A	A			
11 Silicio	A		D		A				
12 Titanio				A	A				
13 Vanadio					A				
14 Oxígeno		D							
15 Nitrógeno					A				
16 Tungsteno	A			A	A				A

Fuente: Dimensionamiento de estructuras de acero – Yopanan Rebello.

2.1.5. Acero estructural

“El término acero estructural se referirá a aquellos elementos de acero de sistemas estructurales de pórticos y reticulados que sean parte esencial para soportar las cargas de diseño. Se entiende como este tipo de elementos a: vigas, columnas, puntales, bridas, montantes y otros que intervienen en el sistema estructural de los edificios de acero. Para el diseño de secciones dobladas en frío o perfiles plegados se recomienda utilizar las Normas del American Iron and Steel Institute” (Norma E.090 de Estructuras Metálicas, edición 2006, pág. 3).

En la Figura n. ° 2.3 observamos distintos perfiles estructurales que se utiliza en la fabricación de naves industriales.

Figura n. ° 2.3 Perfiles de acero estructural.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.6. Propiedades del acero estructural

El acero es el resultado de la aleación del hierro y carbono y se divide en 3 tipos: de bajo, medio y alto carbono, en los cuales el porcentaje de carbono será fundamental para determinar las propiedades y ambientes en que estará sometido la estructura. En el sector

construcción se acostumbra usar aceros de bajo carbono por ser maleable y tenaz, el cual posee óptimas propiedades ante eventos cíclicos o deformaciones que se pueda presentar en la estructura a edificar. A continuación detallamos las propiedades del acero estructural.

- Peso específico (δ) 7.85 kg/m^3
- Módulo de elasticidad (E) $2.10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Esfuerzo de fluencia (F_y) 2.53 Ton/cm^2
- Esfuerzo de fractura (F_u) 4.08 Ton/cm^2
- Coeficiente de Poisson (ν) 0.3
- Coeficiente de dilatación térmica (α) $1.2 \times 10^{-5} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$

A continuación detallamos las propiedades más importantes del acero estructural.

2.1.6.1. Punto de fluencia y resistencia ultima

La fluencia es la deformación irre recuperable de una probeta sometida a cargas. Se detallan los puntos de fluencia y resistencia ultima en la tabla n. ° 2. 2 para varios aceros estructurales, para el caso de la fabricación de la nave industrial de la Central de Hidromanta se usó los materiales ASTM A36 y ASTM 572 Gr. 50.

Tabla n. ° 2.2 Propiedades de aceros estructurales

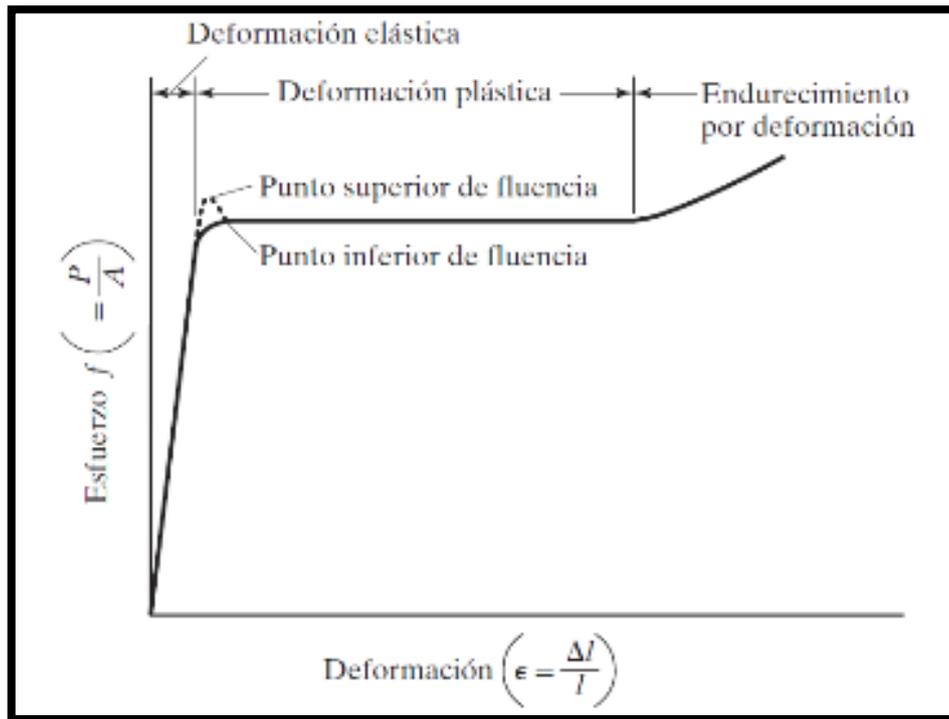
Designación de la ASTM	Tipo de acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia en Ksi	Resistencia mínima a la tensión en Ksi
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Edificios, puentes, estructuras atornilladas y soldadas	36	58 - 80
A529	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Similar al A36	42 - 50	60 - 100
A572	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, barras y placas	Construcción soldada o atornillada	42 - 65	60 - 80
A242	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, barras y placas	Construcción soldada o atornillada	42 - 50	63 - 70

Fuente: Diseño de estructuras de acero – Jack C McCormac

En la Figura n. ° 2.4 de la siguiente página observamos *la curva esfuerzo-deformación* que es típica de los aceros estructurales dúctiles para miembros a tensión o a compresión. Los miembros estructurales a compresión deben ser robustos, ya que los miembros a compresión esbeltos sujetos a cargas de compresión tienden a pandearse lateralmente y sus propiedades se ven muy afectadas por los momentos que se generan. La forma del diagrama varía con la velocidad de carga, el tipo de acero y la temperatura.

En la Figura n. ° 2.4 se muestra dicha variación mediante la línea punteada marcada como fluencia superior, esta forma de la curva esfuerzo-deformación resulta cuando un acero se carga rápidamente, en tanto que la curva con la fluencia inferior se obtiene con una carga lenta.

Figura n.º 2.4 Diagrama de esfuerzo-deformación.



Fuente: Diseño de estructuras de acero – McCormac / Csernak

Existen diferentes tipos de acero estructural que recomienda la *Norma Técnica de Edificación E.090 de Estructuras Metálicas* utilizar en el proceso de fabricación de naves industriales y estos deberán cumplir las especificaciones de la norma ASTM.

2.1.6.2. Fragilidad

Es la propiedad que más afecta a los aceros por la frágil que se comportan a bajas temperaturas. Por eso se debe seleccionar el material de acero de acuerdo al lugar donde será utilizado.

2.1.6.3. Tenacidad

Es la capacidad de un material de absorber energía y producto de esto presenta deformaciones plásticas y elásticas.

2.1.6.4. Dureza

Es la resistencia que ofrece un material a ser rayado por otro. En los distintos tipos de aceros son aleados para tener una dureza aceptable y evitar el desgaste excesivo.

2.1.6.5. Ductilidad

Esta propiedad es la capacidad de deformarse bajo la acción de varias cargas.

2.1.6.6. Fatiga

Es la resistencia a cargas estáticas u dinámicas cíclicamente.

2.1.7. Ventajas y desventajas del acero estructural

Los aceros poseen muchas ventajas en el área de la construcción civil de edificaciones, naves industriales, galpones, techos, hangares, pasarelas, puentes, residencias, etc. Las cuales podemos mencionar:

- El material ofrece muy buena garantía y las propiedades son uniformes.
- Resiste las vibraciones.
- El proceso de fabricación es milimétrico, en el cual podemos garantizar un buen control en el producto acabado.

- Da la gran ventaja de ejecutar más rápidos y limpios los proyectos.
- Puede ser removido y montado en otro lugar fácilmente.
- Se puede reutilizar las estructuras.
- Se puede construir estructuras con grandes luces y espacio.

Así como hay ventajas también tiene desventajas en el uso del acero en la construcción de estructuras, entre las principales son:

- Se debe proteger la estructura con recubrimientos de pintura o galvanizado para evitar la oxidación.
- Se requiere de mano de obra calificada y capacitada para su proceso de fabricación.
- No hay de todas las medidas y a veces se debe importar de otros países generando retrasos en obra.

2.2. Normas de soldadura

Entre las normativas vigentes de soldadura podemos señalar a la Sociedad Americana de Soldadura publica (entre una cantidad numerosa de normas sobre usos y calidad de materiales, productos, prueba, operaciones y procesos de soldadura) las especificaciones para varillas, electrodos, materiales de aporte y soldadura.

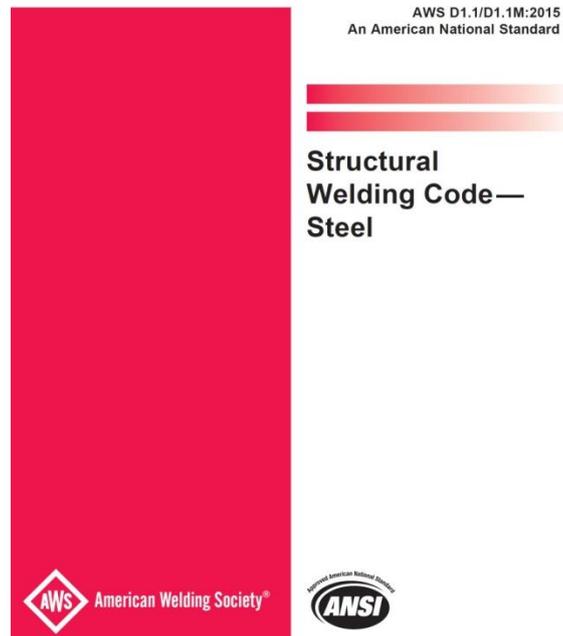
2.2.1. AWS D1.1-2015

En cada proceso de soldadura se evidencian discontinuidades en el área soldad y los criterios de aceptación se encuentran descritos en el código de soldadura AWS D1.1-2015. La calidad de estructura soldada es registrada en protocolos de control de calidad de

soldadura para dar conformidad con el producto fabricado. Las normas de la American Welding Society (AWS) han sido desarrolladas en conformidad con la American National Standards Institute (ANSI). El código estructural AWS D1.1-2015 regula el diseño, fabricación, inspección, calificación de procedimientos y personal a ejecutar los trabajos de soldadura el cual se divide en diferentes capítulos.

En la Parte 1 del código estructural AWS D1.1-2015 encontramos los requerimientos generales, las limitaciones al cual el código de soldadura abarca, las responsabilidades del personal involucrado en las fabricaciones de elementos estructurales soldados, simbología estandariza de la soldadura para identificar el tipo de junta o unión a realizar, así también las unidades de medida establecidos en esta normativa. En la Parte 2 del código estructural AWS D1.1-2015 se detalla los distintos diseños de conexión de soldadura que están permitidos según el AWS D1.1-2015, como también las limitaciones por los esfuerzos a presentarse en el proceso de soldadura de elementos estructurales. En la Parte 3 del código estructural AWS D1.1-2015 está la pre-calificación de los procedimientos de soldadura (WPS), se detallan las distintas juntas de soldadura aprobadas con los parámetros con sus respectivas tolerancias. En la Parte 4 y 5 del código estructural AWS D1.1-2015 se evidencia la calificación de los procedimientos de soldadura, a la vez se enumera los distintos Ensayos Destructivos a realizar en laboratorios autorizados para calificar el procedimiento de soldadura (WPS) y los distintos proceso de soldadura que se pueden ejecutar. En la Parte 6 del código estructural AWS D1.1-2015 están los criterios de aceptación de la inspección por Ensayos no Destructivos (NDT), los criterios de aceptación deben ser cumplidos para garantizar un buen proceso de soldadura.

Figura n. ° 2.5 AWS D1.1-2015



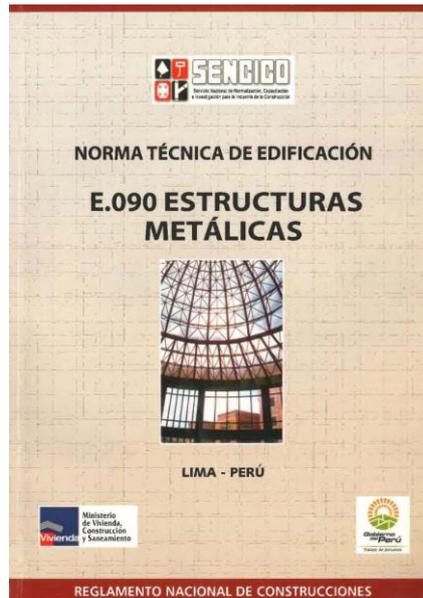
Fuente: American Welding Society

2.2.2. Norma Técnica de edificación NTE E.090

SENCICO tiene a su cargo la elaboración de las *Normas Técnicas de Edificación* del *Reglamento Nacional de Edificaciones* (RNE) y la evaluación para la aprobación de los Sistemas Constructivos No Convencionales. Corresponde al grupo de normas de estructuras ligadas al diseño y la construcción, promulgada por el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción *SENCICO* en el año 2006, la *Norma Técnica de Edificación E.090 de Estructuras Metálicas* es elaborada por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) que tiene por objeto normar los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de las habilitaciones Urbanas y las edificaciones, permitiendo de esta manera una mejor ejecución de los planes urbanos.

Esta normativa peruana recopila los criterios más importantes de la fabricación de estructuras metálicas, el cual detalla los parámetros y condiciones como se debe realizar un proceso de soldadura de acuerdo a la AWS D1.1-2015.

Figura n. ° 2.6 NTE 0.90 Estructuras metálicas



Fuente: Norma Técnica de Edificación E.090.

La norma E 0.90 hace referencia a los siguientes documentos:

- American National Standards Institute ANSI B18.2.1.
- American Society of Civil Engineers ASCE 7.
- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- American Welding Society: AWS D.1.1.
- American Iron and Steel Institute.

2.3. Soldadura

Se entiende por proceso de soldadura a la fusión de 2 o más materiales con o sin material de aporte, el proceso de soldadura mismo no garantiza de por sí el trabajo concluido porque en muchos casos se debe realizar alivios de tensiones para evitar fisuras, cristalización, deformaciones, etc. y por consiguiente rechazos de no conformidad de la estructuras fabricadas.

2.3.1. Temperatura de precalentamiento

La temperatura de precalentamiento para los distintos aceros varia y esto depende principalmente de la composición química del material y espesor. Esta temperatura es primordial para evitar fisuras en el proceso de soldadura. En la tabla inferior se detalla los distintos aceros estructurales y su temperatura de precalentamiento.

Tabla n. ° 2.3 Temperatura mínima de precalentamiento.

Categoría	Especificación del acero	Proceso de soldadura	Espesor	Temperatura de precalentamiento	
A	A36	SMAW	3 a 20 mm	nada	
	A53 GR B				
	A500 GR A				
	A500 GR B				
	A501			20 a 40 mm	60 °C
	A529			40 a 65 mm	107 °C
	A570 GR 40			mayor a 65 mm	150 °C
	A570 GR 45				
	A570 GR 50				
	A709 GR 36				

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.090.

2.3.2. Soldabilidad del acero

Para determinar la soldabilidad de los aceros deben ser evaluados en su composición química, hay materiales susceptibles a la fragilización producto del hidrogeno y esto conllevara a la presencia de fisuras en el proceso de soldadura.

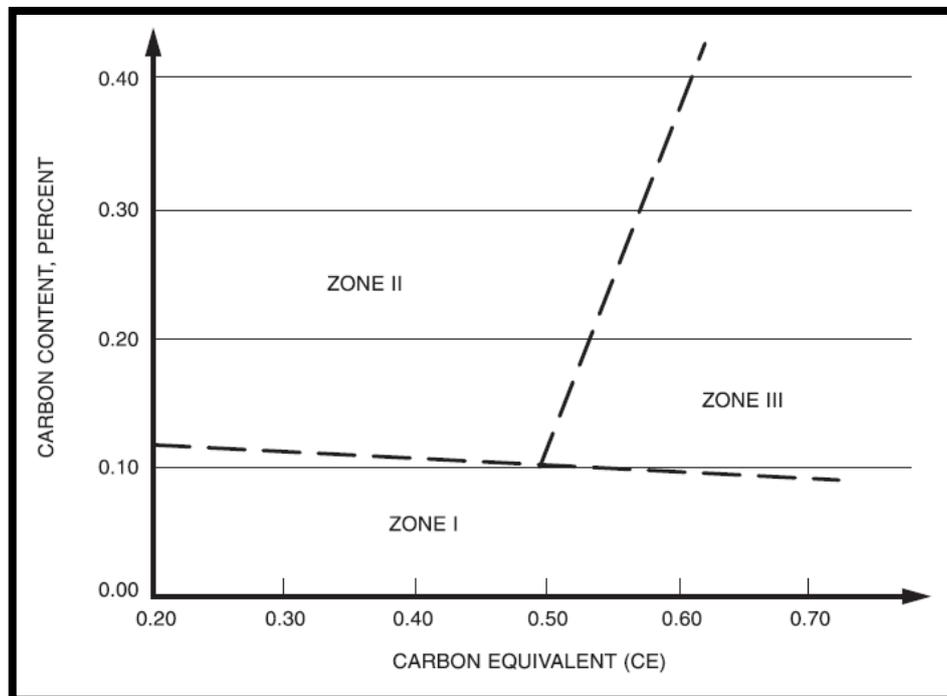
Para esto aplicamos el método del hidrogeno descrito en el código AWS D1.1-2015, el método de dureza de hidrógeno como siguiente paso debemos aplicar la fórmula del carbono equivalente (CE).

Ecuación n. ° 2.1 Carbono equivalente

$$CE = C + \left(\frac{Mn + Si}{6}\right) + \left(\frac{Cr + Mo + V}{5}\right) + \left(\frac{Ni + Cu}{15}\right)$$

Fuente: AWS D1.1-2015.

Figura n. ° 2.7 Zona de clasificación del acero



Fuente: AWS D1.1-2015.

Los aceros de la zona I son de bajo hidrógeno, los de la zona II son de medio hidrógeno y la zona III de alto hidrogeno. Luego se debe evaluar el índice de susceptibilidad mediante la siguiente formula:

Ecuación n. ° 2.2 Porcentaje de hidrógeno

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

Fuente: AWS D1.1-2015.

Ecuación n. ° 2.3 Índice de susceptibilidad

$$\text{Indice de susceptibilidad} = 12P_{cm} + \log_{10} H$$

Fuente: AWS D1.1-2015.

Tabla n. ° 2.4 Niveles de hidrogeno

CARBONO EQUIVALENTE					
NIVEL DE HIDROGENO H	< 0,18	< 0,23	< 0,28	< 0,33	< 0,38
H1	A	B	C	D	E
H2	B	C	D	E	F
H3	C	D	E	F	G

Fuente: AWS D1.1-2015.

Tabla n. ° 2.5 Temperatura de precalentamiento

NIVEL DE RESTRICCIÓN	ESPESOR	ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD						
		A	B	C	D	E	F	G
BAJO	< 10	< 20	< 20	< 20	< 20	60	140	150
	10 -- 20	< 20	< 20	20	60	100	140	150
	> 20 -- 38	< 20	< 20	20	80	110	140	150
	> 38 -- 75	20	20	40	95	120	140	150
	> 75	20	20	40	95	120	140	150

Fuente: AWS D1.1-2015.

Figura n. ° 2.8 Proceso de precalentamiento.



Fuente: Elaboración propia.

2.4. Procesos de soldadura

Se entiende por proceso de soldadura a la fusión de 2 o más materiales con o sin material de aporte, el proceso de soldadura mismo no garantiza de por sí el trabajo concluido porque en muchos casos se debe realizar alivios de tensiones para evitar fisuras, cristalización, deformaciones, etc. y por consiguiente rechazos de no conformidad de la

estructuras fabricadas. Existen una gran variedad de procesos de soldadura, que pueden ser usados dependiendo el material y la zona donde se va a realizar los proyectos.

Para la fabricación de naves industriales usualmente se utilizan diferentes procesos de soldadura, los cuales son:

2.4.1. SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Es la soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido que podemos utilizarlo en cualquier posición y zona por su versatilidad, teniendo los cuidados respectivos de que no absorba humedad y precalentamiento de acuerdo al fabricante para evitar defectos en el proceso de soldeo. Para esto se requiere gran habilidad del soldador y esté debidamente homologado de acuerdo a la posición a soldar.

Este proceso de soldadura es extensamente usado y sirve para soldar casi todo tipo de metales porque existen electrodos revestidos idóneos para cualquier material. Los equipos de soldar están constituidos básicamente por una máquina de soldar (transformador, rectificador, convertidor, inversor), los cables de soldar, el porta electrodo y el electrodo revestido.

2.4.2. GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Soldadura por arco eléctrico con gas de protección o también conocido como MIG/MAG, es un proceso semiautomático con un buen acabado pero tiene restricciones por la posición que se quiera realizar la soldadura y tener cuidado con la corriente de aire para evitar defectos. El nombre de MIG viene de las siglas en ingles de Metal Inert Gas. Metal por el material de aporte, Inert Gas por el gas inerte, porque originalmente este proceso fue desarrollado para soldar con argón, helio o sus mezclas, que son gases inertes

que sirven como protección en el proceso de soldeo. También es usual usar el gas CO₂ ya sea solo o mezclado con argón.

2.4.3. FCAW (Flux Cored Arc Welding)

O también conocido como alambre tubular, este proceso es muy similar al MIG pero se diferencia porque permite realizar mucho más rápido los procesos de soldeo, la desventaja es el alto grado de contaminación y sin un adecuado equipo de protección personal (EPP) puede deteriorar la salud del personal que realiza los trabajos respectivos.

2.4.4. SAW (Submerged Arc Welding)

Este proceso de soldadura es por arco sumergido, es ideal para trabajos de soldeo de mucha precisión y buen acabado, la restricción de este proceso es que debe ser materiales de espesores superiores a 9 mm como mínimo para evitar deformaciones por el aporte de calor. Este método de soldadura se parece en algo al método GMAW, su diferencia fundamental es que no usa gas de protección sino un fundente, el que es granular y depositado permanentemente delante de la punta del alambre a través de unos dispositivos especiales, de tal manera que el arco eléctrico es invisible porque está cubierto por parte del fundente no fundido.

2.4.5. GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding)

La palabra TIG viene de las primeras letras en inglés, de Tungsten Inert Gas. El gas que se usa y es alimentado para proteger el arco del efecto nocivo del oxígeno y nitrógeno del aire, es un gas inerte, normalmente compuesto de argón u helio o mezcla de ambos.

Según el material que se va usar se puede o no emplear material de aporte. Se utiliza para soldar todo tipo de materiales ya sea con corriente continua, principalmente para soldar aceros inoxidable o con corriente alterna, básicamente para soldar aluminio y sus aleaciones.

2.4.6. PAW – PAC (Plasma Arc Welding – Plasma Arc Cutting)

El plasma es el cuarto estado de la material y es muy importante su uso en la soldadura y corte. En el proceso de corte no implica la oxidación del material por eso se logra cortes rápidos y casi perfectos. Tanto el corte como la soldadura con plasma se hacen aprovechando el calor del plasma para fundir la parte de la pieza de trabajo que está en contacto con ella. En todo arco eléctrico (con electrodos revestidos, TIG, MIG, etc.) se encuentra el plasma.

Figura n. ° 2.9 Máquina de corte de plasma.



Fuente: Elaboración propia.

2.5. Procedimiento de soldadura (WPS)

Para todo proceso de soldadura se debe contar con el procedimiento de soldadura (WPS) o en inglés “Welding Procedure Specification”, este documento provee las directrices y relaciona las variables a usar en el mencionado documento. Para obtener un WPS se debe relacionar distintos procedimientos de acuerdo a la norma a usar, para nuestro trabajo aplicamos el AWS D1.1 2015 que es una norma aprobada por los estándares nacionales americanos (ANSI).

Figura n. ° 2.10 Procedimiento de soldadura.

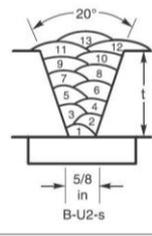
Example WPS (Prequalified) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)			
LECO		W2081	
Company Name		WPS No.	2
C. W. Hayes	01/03/2015	Rev. No.	01/03/2015
Authorized by	Date	Supporting PQR(s)	No
		CVN Report	No

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.
Base Material	ASTM A36	–	II
Welded To	ASTM A36	–	II
Backing Material	ASTM A36	–	–
Other			

BASE METAL THICKNESS	As-Welded	With PWHT
CJP Groove Welds	> 3/4–2.5 in	–
CJP Groove w/CVN	–	–
PJP Groove Welds	–	–
Fillet Welds	–	–
DIAMETER	–	–

JOINT DETAILS	
Groove Type	Single V Groove Butt Joint
Groove Angle	20°
Root Opening	5/8 in
Root Face	–
Backgouging	None
Method	–

POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	N.A.
Time at Temperature	–
Other	–

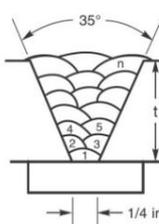
JOINT DETAILS (Sketch)


Fuente: AWS D1.1 – 2015 pág. 396.

Para calificar un procedimiento de soldadura WPS, se necesita su respaldo que es el registro de calificación de procedimiento (PQR). Los ensayos que se requieren varían dependiendo del espesor del material y forma, se preparan probetas con medidas especificadas en la norma AWS D1.1 – 2015 y luego se las somete a diferentes ensayos,

entre los más usuales tenemos: doblez de raíz, doblez de lado, radiografía industrial, macroataque y nick break.

Figura n. ° 2.11 PQR parte 1

Example PQR (GMAW & FCAW – page 1)							
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)							
Red Inc. Company Name				231 PQR No.		0 Rev. No.	01/18/2015 Date
BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.	Thickness	Size (NPS)	Schedule	Diameter
Base Material	ASTM A131	A	I	1 in	–	–	–
Welded To	ASTM A131	A	I	1 in	–	–	–
Backing Material	ASTM A131	A	I	1/4 in			
Other							
JOINT DETAILS				JOINT DETAILS (Sketch)			
Groove Type	Single V Groove Butt Joint						
Groove Angle	35° included						
Root Opening	1/4 in						
Root Face	–						
Backgouging	None						
Method	–						
POSTWELD HEAT TREATMENT							
Temperature	–						
Time at Temperature	–						
Other	–						
PROCEDURE							
Weld Layer(s)	–	–	–	–	–	–	–
Weld Pass(es)	1	2–8	9–11	12–15	16		
Process	FCAW	FCAW	FCAW	FCAW	FCAW		
Type (Semiautomatic, Mechanized, etc.)	Semi-automatic	Semi-automatic	Semi-automatic	Semi-automatic	Semi-automatic		
Position	4G	4G	4G	4G	4G		
Vertical Progression	–	–	–	–	–		
Filler Metal (AWS Spec.)	A5.20	A5.20	A5.20	A5.20	A5.20		
AWS Classification	E71T-1C	E71T-1C	E71T-1C	E71T-1C	E71T-1C		
Diameter	0.045 in	0.045 in	0.045 in	0.045 in	0.045 in		
Manufacturer/Trade Name	–	–	–	–	–		
Shielding Gas Composition	100% CO ₂	100% CO ₂	100% CO ₂	100% CO ₂	100% CO ₂		
Flow Rate	45–55 cfh	45–55 cfh	45–55 cfh	45–55 cfh	45–55 cfh		
Nozzle Size	#4	#4	#4	#4	#4		
Preheat Temperature	75° min.	75° min.	75° min.	75° min.	75° min.		
Interpass Temperature	75°–350°	75°–350°	75°–350°	75°–350°	75°–350°		
Electrical Characteristics							
Current Type & Polarity	DCEP	DCEP	DCEP	DCEP	DCEP		
Transfer Mode (GMAW)	–	–	–	–	–		
Power Source Type (cc, cv, etc.)	–	–	–	–	–		
Amps	180	200	200	200	200		
Volts	26	27	27	27	27		
Wire Feed Speed	(Amps)	(Amps)	(Amps)	(Amps)	(Amps)		
Travel Speed	8 ipm	10 ipm	11 ipm	9 ipm	11 ipm		
Maximum Heat Input	–	–	–	–	–		
Technique							
Stringer or Weave	Stringer	Stringer	Stringer	Stringer	Stringer		
Multi or Single Pass (per side)	Multipass	Multipass	Multipass	Multipass	Multipass		
Oscillation (Mechanized/Automatic)	–	–	–	–	–		
Number of Electrodes	1	1	1	1	1		
Contact Tube to Work Dist.	3/4–1 in	3/4–1 in	3/4–1 in	3/4–1 in	3/4–1 in		
Peening	None	None	None	None	None		
Interpass Cleaning	Wire Brush	Wire Brush	Wire Brush	Wire Brush	Wire Brush		
Other							

Fuente: AWS D1.1 – 2015 pág. 393.

Figura n. ° 2.13 Probetas para calificación de procedimiento de soldadura.



Fuente: Elaboración propia.

2.5.1. Variables

En el procedimiento de soldadura (WPS) existen distintas variables que son imprescindibles y no pueden ser alteradas porque afectara en el proceso de soldadura, las variables esenciales que se usan para una junta de soldadura son:

- Tipo de material a soldar.
- Electrodo.
- Preparación de la junta.
- Tipo de corriente eléctrica.
- Proceso de soldadura.
- Amperaje.
- Voltaje.

Figura n. ° 2.14 Electrodo ER70S-6



Fuente: Elaboración propia.

Figura n. ° 2.15 Materiales a soldar (ASTM A572 GR. 50)



Fuente: Elaboración propia.

2.6. Ensayos no destructivos (NDT)

Los NDT son ensayos que se realizan a las estructuras para garantizar que pasaron por un óptimo proceso de fabricación, para nuestra investigación en naves industriales de estructuras metálicas se usan distintos NDT, que pueden variar de acuerdo al uso y proceso de soldadura efectuado.

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de (non destructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades mecánicas, físicas, dimensionales o químicas. Los materiales que se pueden inspeccionar son muy diversos, entre metálicos y no-metálicos, utilizados en procesos de fabricación como: laminados, fundidos, forjados y otras conformaciones. Los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado.

El personal encargado de realizar estas tareas de inspección debe estar acreditado por la Sociedad Americana de Ensayos No Destructivos (ASNT) y son homologados en tres niveles de certificación: nivel I, nivel II, nivel III, garantizando así una correcta evaluación de las estructuras metálicas a fabricar. A continuación describimos los principales NDT usados en la fabricación de estructuras metálicas.

2.6.1. Inspección visual (visual testing - PT)

Este ensayo no destructivo es el primero y principal que se realiza antes de realizar algún ensayo adicional o trabajos de pintura y liberación de la fabricación. Para estos trabajos el personal debe estar acreditado según la Asociación Americana de Ensayos no Destructivos (ASNT) con el nivel II, para la acreditación debe estar en buenas condiciones

físicas y buena visión, adicional a esto se debe contar con equipos calibrados con lo que se medirá la soldadura.

Existe una gran gama de productos para la medición de soldadura que se venden pero estos deben estar calibrados y autorizados por el Instituto de la Calidad (INACAL) para obtener una medición confiable y poder emitir los criterios de aceptación de la soldadura realizada.

Figura n. ° 2.16 Medición de cateto de soldadura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura n. ° 2.17 Medidor de filete de soldadura.



Fuente: Elaboración propia.

2.6.2. Tintes penetrantes (penetrant testing - PT)

Es un método empleado para detectar e indicar discontinuidades que son visibles en la superficie de la estructura metálica examinada. Se basa en el principio de la capilaridad y debe ser realizada por personal acreditado con un nivel II autorizado por la ASNT.

Para realizar el NDT de tintes penetrantes se debe tener la superficie limpia de impurezas producto de la soldadura u corte del material para garantizar un proceso adecuado, se debe emplear un kit de los siguientes productos:

- a. El “cleaner” sirve para limpiar la superficie de grasas e impurezas que pueda presentarse producto del manipuleo y contaminantes del medio ambiente.
- b. El “penetrant” se emplea para rociar a la estructura a evaluar y después de un tiempo de diez minutos se procede a limpiar la zona con este producto, presenta un color rojo característico que por capilaridad ingresa a las fisuras que pueda presentar la estructura.
- c. El “developer” o también conocido como nieve, este se emplea como último paso, se esparce una fina capa y a los segundos si existiera alguna fisura se podrá observar a simple vista.

Figura n.º 2.18 Aplicación de tinte penetrante.



Fuente: Elaboración propia.

2.6.3. Partículas magnéticas (magnetic testing - MT)

A diferencia del anterior método, este permite evaluar la estructura más profundamente, porque permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en los materiales ferromagnéticos.

Este método se basa principalmente en usar campos magnéticos a lo largo de la superficie. Existen dos tipos: partículas magnéticas y partículas magnéticas fluorescentes.

2.6.4. Ultrasonido (ultrasonic testing - UT)

Se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material. Se detectan discontinuidades superficiales y sub superficiales. Puede visualizarse claramente el tamaño de la discontinuidad, su localización y su orientación. Sólo se requiere acceso por un lado del material a inspeccionar. Tiene alta capacidad de penetración y los resultados de prueba son conocidos inmediatamente.

Figura n. ° 2.19 Proceso de Ultrasonido.



Fuente: Elaboración propia.

2.6.5. Radiografía industrial (radiography testing - RT)

El examen radiográfico es imprescindible para evaluar las discontinuidades internas de las estructuras a diferencia de los rayos X que se usa en el área medicinal en la radiografía industrial se usa rayos γ . Para estos trabajos el personal debe estar acreditado por la IPEN y la empresa que realizados dichos ensayos debe contar con la licencia de operación que acredite la manipulación de fuentes radioactivas. El elemento radioactivo se llama iridio y es cancerígeno al contacto con la piel o sobre exposición, por eso se debe tener muchos controles al realizar estos NDT.

Figura n. ° 2.20 Proceso de radiografía.



Fuente: Elaboración propia.

Figura n. ° 2.21 Fuente de Iridio



Fuente: Elaboración propia.

Figura n. ° 2.22 Rotulado de placas



Fuente: Elaboración propia.

2.7. Control de calidad de estructuras soldadas

El control de calidad, aportar un conjunto de indicaciones y guías para la verificación de las uniones soldadas que se han ejecutado en la Empresa, es decir, una serie de procedimientos para la detección de discontinuidades de la soldadura para, en segundo lugar, efectuar un análisis de la aceptabilidad de dichas discontinuidades, según los criterios prescritos por la normativa correspondiente.

El control de calidad en la soldadura consiste, por lo tanto en dos fases: la primera es de localización e identificación de discontinuidades, y posteriormente, analizar en base a unos baremos preestablecidos si dichas discontinuidades encontradas en la primera fase se pueden considerar como aceptables o no.

2.7.1. Ámbito de aplicación

La aplicación de estos métodos para la detección de discontinuidades se lleva a cabo, principalmente en dos fases distintas: en la fase de cualificación de un procedimiento de soldeo o de un operario soldador, por un lado, y en las fases intermedias o finales del proceso productivo en sí mismo, por otro. En ambas fases, una directamente productiva, la otra indirectamente en tanto que se trata de un procedimiento previo a la producción, es necesario saber si la soldadura que se acaba de ejecutar, bien sobre una probeta, bien sobre una pieza de producción, es correcta. Para tener los datos con los que se juzgará la validez o no de la unión soldada, se deberán seguir los procedimientos que se detallan a continuación.

2.7.2. Beneficio del Control de Calidad

Suministrar un producto o servicio en el cual su calidad haya sido diseñada, producida y sostenida a un costo económico y que satisfaga por entero al consumidor, es el principal objetivo de efectuar un control de calidad sobre un proceso de producción.

El control total de la calidad es un sistema efectivo de los esfuerzos de varios grupos en una empresa para la integración del desarrollo del mantenimiento y de la superación de la calidad con el fin de hacer posibles: mercadotecnia, ingeniería, fabricación y servicio; a satisfacción total del consumidor y al costo más económico.

Al incluir los costos de control de calidad preventivos dentro del presupuesto de construcción de una estructura, es posible ver como costos de calidad de reparaciones, revisión de procesos, re-inspecciones, etc. se reducen significativamente.

Cuando se ha implementado un sistema de control de calidad en montaje de estructuras metálicas es muy común ver que los tiempos de entrega se cumplen y los retrasos por reparaciones, re inspecciones, e incluso reposiciones se reducen en gran medida en comparación con proyectos que no incluyen ciertos procedimientos de control de calidad.

2.7.3. Incidencia de los Ensayos no Destructivos en el control de calidad.

Hoy en día no se puede construir y operar una instalación industrial, automotriz, petrolera, aeronáutica, naval, civil, química, etc., sin recurrir al control de la calidad de fabricación y a la inspección de los componentes en operación mediante el uso de los NDT, no sólo se reducen los costos iniciales, ya que su aplicación (muchas veces en operación) permite programar las paradas para mantenimiento, evitando paradas de

emergencia, logrando reducir el lucro cesante, también se puede programar la renovación de equipos en forma conveniente.

De esta forma se puede obtener una operación segura y continua, previniendo además agresiones al medio ambiente. Esto evita accidentes con altos costos materiales, humanos y comerciales.

Además permiten la optimización del diseño y uso de recursos, ya que posibilitan el aseguramiento de la calidad del producto final y la optimización de los procesos de fabricación. Esto trae a su vez una disminución de los coeficientes de seguridad requeridos en el diseño, con una consecuencia económica directa gracias a la reducción de materia prima y horas hombre.

2.7.4. Calidad total

Una definición objetiva y universal de “Calidad” es el grado de satisfacción que ofrecen características del producto o servicio en relación con las exigencias del consumidor.

La Calidad Total puede definirse también como el principio unificador que constituye la base de toda estrategia, planificación y actividad de la empresa, basado en la dedicación total al cliente. La calidad total es hacer las cosas bien desde el principio:

- Es hacer lo correcto
- En la forma correcta
- En la oportunidad correcta
- A costos razonables

La calidad total apunta a una mejora en los procesos que se realizan en la ejecución de tareas para obtener un determinado producto. *Deming* en 1986 planteo 14 principios que son aplicables hasta nuestra actualidad para lograr productos conformes con los estándares nacionales e internacionales. Para este trabajo de tesis extraemos los siguientes principios que nos ayudaran a comprender más detalladamente la calidad total.

1. Constancia en el propósito de mejorar productos y servicios: El propósito no es solo entregar un producto, sino también que este cumpla con los detalles de los planos de fabricación, acabados, el material sea el adecuado y que tenga certificado de calidad.
2. Adoptar la nueva filosofía: No tener miedo al cambio, si algo resultaba bien antes, ahora con la tecnología de nuevos procesos de fabricación de naves industriales, maquinas más modernas y robotizadas producirán mejores resultados en el proceso de fabricación.
3. Dejar de depender de la inspección en masa: No esperar el producto terminado para ejecutar la inspección, u proceso de calidad en la soldadura debe evidenciarse encada etapa de la fabricación, desde la compra de la materia prima, insumos consumibles, calibración de equipos, operatividad de la máquinas de soldar, capacitación del personal idónea, etc.
4. Acabar con la práctica de adjudicar contratos de compra basándose exclusivamente en el precio: Buscar productos con bajo precio no garantizará productos de calidad, el costo de un producto no es el precio de compra sino el precio de uso.

5. Mejorar constantemente el sistema de producción y servicios: La mejora continua evitara productos defectuosos y desperdicios, implementando capacitaciones e instructivos a los obreros se evitara productos defectuosos.
6. Implantar formación: La capacitación continua es vital en cada proceso, cada trabajo es diferente y necesita diferentes tipos de análisis.
7. Adoptar en implantar el liderazgo: En el proceso de fabricación se debe constantemente capacitar al personal y hacer ver los riesgos que conlleva.
8. Desterrar el temor.
9. Derribar las barreras que hay entre áreas de staff.
10. Eliminar los lemas, las exhortaciones y las metas de producción para la fuerza laboral.
11. Eliminas las cuotas numéricas.
12. Derribar las barreras que impiden el sentimiento de orgullo que produce un trabajo bien hecho.
13. Establecer un vigoroso programa de educación y entrenamiento.
14. Tomar medidas para lograr la transformación.

2.7.5. Dossier de calidad

Es el documento donde se evidencia todos los protocolos, certificados, planos, homologaciones y procedimientos a emplear en un determinado proceso de fabricación. Este documento es vital para auditorias por parte de la supervisión y constatar que va encaminado por buenas prácticas respaldado con las pruebas o ensayos no destructivos que amerita.

2.8. Definición de términos básicos

2.8.1. Aleación

La aleación se caracteriza por la homogeneidad y puede estar constituido por dos o más elementos que proveen propiedades de acuerdo al porcentaje que contengan. La aleación puede ser metal y no metal. Entre las aleaciones más comunes tenemos: el acero, el bronce, el latón, etc.

2.8.2. Control de calidad

El control de calidad es la evaluación constante de la ejecución de un proyecto, evaluando cada etapa como los materiales y la mano de obra que está sujeto a inspección constante y así evitar fallas. Estas evaluaciones son requeridas por un personal calificado que se rige en normas y especificaciones documentadas del proyecto a ejecutar.

2.8.3. Corte de acero

Este proceso se realiza para obtener los distintos elementos que requiere para fabricar elementos estructurales. El corte puede ser realizado por arco eléctrico pero teniendo en cuenta los acabados que figure en el plano.

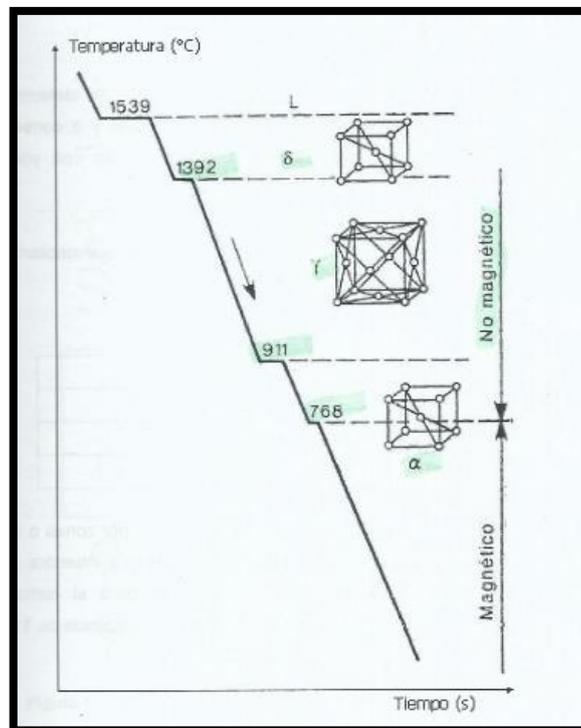
El corte de acero es imperfecto porque se genera mucho calor y deja mucha rugosidad en los bordes, también altera la estructura cristalina del material. El proceso mecánico de alisado de bordes es imprescindible para obtener un buen acabado y no ser rechazado el elemento estructural por el área de control de calidad. Actualmente existen muchas técnicas de corte para el acero estructural como: con oxígeno, arco eléctrico, con plasma y con agua.

2.8.4. Transformaciones alotrópicas

El hierro a baja temperatura es magnético pero va perdiendo esta propiedad mientras se incrementa la temperatura, por encima de los 768 °C el hierro cambia sus estructuras cristalinas hasta llegar a los 911 °C convirtiéndose en hierro alfa (Fe α). La transformación alotrópica es un proceso reversible con el aumento o reducción de temperatura.

El hierro por encima de los 911 °C vuelve a cambiar su red cristalina y se transforma en hierro gamma (Fe γ) y si se incrementa hasta los 1392 °C el hierro se transforma en hierro delta (Fe δ), el cambio de temperatura influye en las distintas transformaciones alotrópicas que se observa en el hierro hasta los 1539 °C donde el hierro está en estado líquido como se observa en la figura de la página siguiente.

Figura n. ° 2.23 Transformación alotrópica del acero



Fuente: Introducción a la metalurgia de la soldadura

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

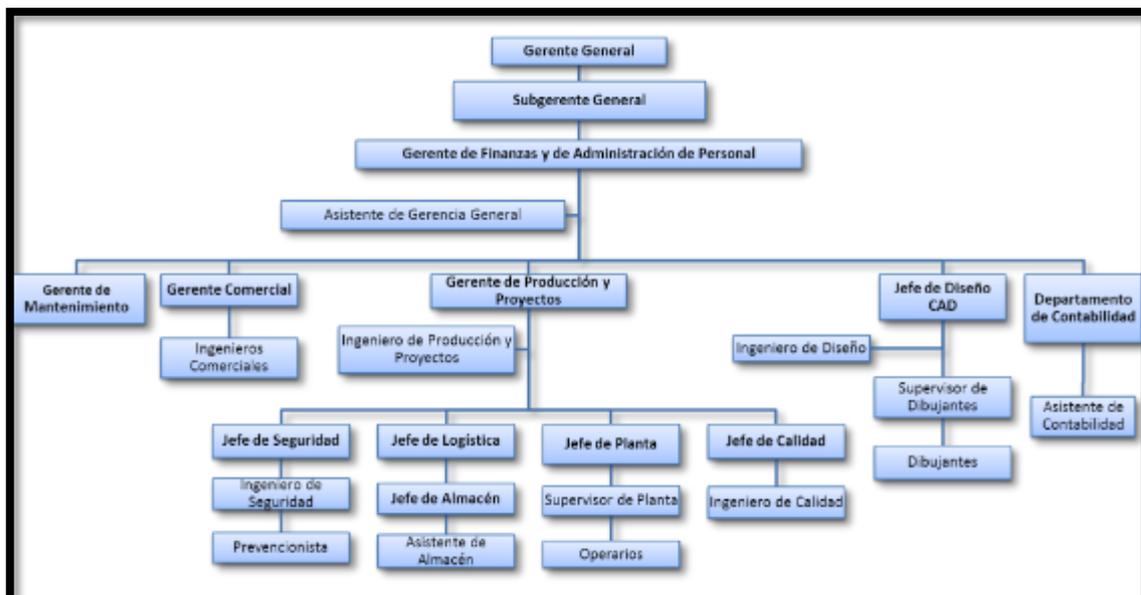
La empresa FABRICANTES Y CONSTRUCTORES SRL con RUC N° 20108725614, es una sociedad de responsabilidad limitada, inicia sus actividades el 02 de enero de 1988 en el rubro de fabricación de estructuras metálicas, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes en el sector industrial y minero.

Fabricantes y constructores S.R.L. es una empresa proveedor de soluciones industriales, especializada en ingeniería, fabricación y montaje de estructuras metálicas y/o equipamientos de izaje (grúas, pórticos) en los diversos sectores industriales.

3.1. Organización

La empresa está organizada de la siguiente forma: el gráfico.

Figura n. ° 3.1 Organigrama de Fabricantes y Constructores S.R.L.



Fuente: Elaboración propia.

Las principales funciones y responsabilidades se indican a continuación:

3.1.1. Misión y visión de la empresa

Misión

Ser empresa líder en Ingeniería, Construcción y Montaje, con crecimiento en el Perú y presencia en el extranjero, basado en exigentes criterios de calidad e innovación, garantizando a sus Clientes un servicio de excelencia.

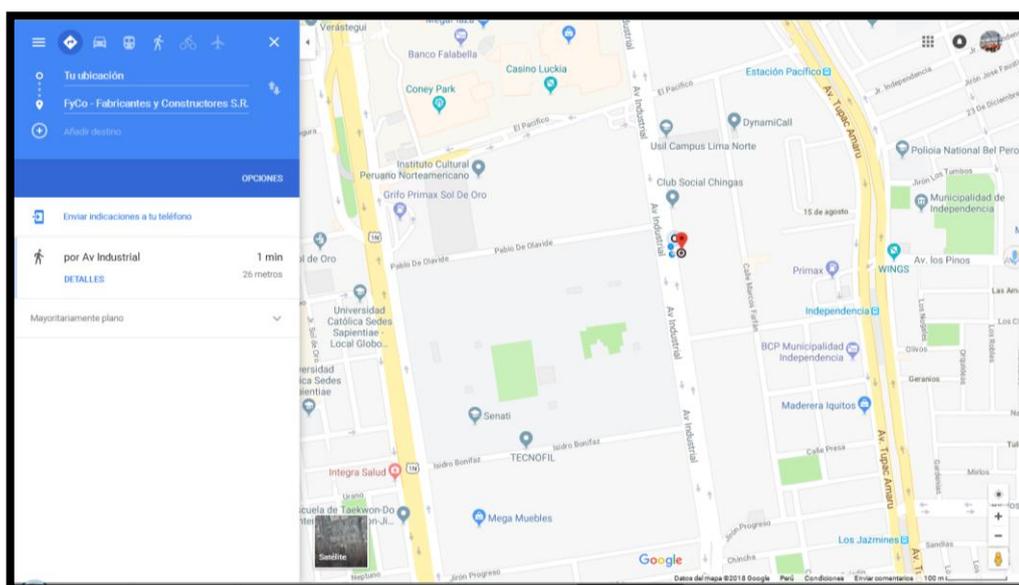
Visión

Prestar servicios de su especialidad con los más altos niveles de calidad, seguridad, cumplimiento y rentabilidad, para la plena satisfacción de sus Clientes y el cumplimiento de su responsabilidad social y empresarial.

3.1.2. Ubicación

Fabricantes y constructores S.R.L. se encuentra ubicado en el distrito de independencia en la avenida industrial 3360.

Figura n. ° 3.2 Mapa de ubicación de FyCo SRL.



Fuente: Elaboración propia, captada del Google maps.

3.2. Desarrollo del objetivo 1

Los controles de calidad realizados en el proyecto Central Hidromanta se desarrollan en todo el proceso de soldadura, esto primero se evidencia en la materia prima, evaluando si los materiales cumplen con las normas de fabricación, luego pasando a la etapa de uniones de soldadura y verificando constantemente con los Ensayos No Destructivos a las soldaduras más críticas que se puedan evidenciar.

Para poder controlar cada etapa del proceso debemos establecer un *Plan de Puntos de Inspección*, en el cual se detallan desde la recepción de la materia prima , materiales de aporte de soldadura, certificaciones, homologaciones del personal, etc, Los controles serán evidenciados para realizar detalladamente en cada etapa del proceso.

3.2.1. Plan de puntos de inspección

Tabla n. ° 3.1 Plan de puntos de inspección (PPI)

PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCION		
ITEM	INSPECCION / ESTADO DE LA PRUEBA	CRITERIOS DE ACEPTACION
1	Revisión de planos de diseño, especificaciones técnicas u otros documentos (Identificación de material base y revisión de especificaciones técnicas correspondientes).	Especificaciones Técnicas Normas ASTM Código AWS D1.1 Planos de Diseño
2	Tipo de Juntas a soldar (Especificaciones Técnicas del metal de aporte, Requerimientos del Metal de Aporte, Espesores máximos a soldar).	
3	Elaboración de Procedimientos de Soldadura WPS. De ser necesario Calificación de Procedimientos de Soldadura PQR	
4	Ejecución de probetas para calificación de procedimientos de soldadura (Preparación de biseles, espesores de material base, posición de soldeo, variables esenciales de soldadura)	
5	Ejecución de ensayos mecánicos para calificación de procedimientos de soldadura	Código AWS D1.1
6	Evaluación de resultados de ensayos mecánicos (Ensayos de tracción y dobléz)	
7	Elaboración de Registro de Calificación de Procedimientos de Soldadura (WPS)	
8	Revisión de Posiciones Requeridas para Calificación de Soldadores (Posiciones de soldeo, espesores de material base, tipos de juntas de soldadura)	
9	Elaboración de probetas para calificación de soldadores (Procedimientos de soldadura aprobados, variables esenciales de soldadura, dimensiones, biseles, requerimientos del proyecto)	
10	Calificación de soldadores (Inspección Visual, NDT)	Código AWS D1.1 Código ASME Secc. V
11	Registro de soldadores calificados (Resultados de NDT, N° de estampa para los soldadores)	Código AWS D1.1 Código ASME Secc. V
12	Control de Trabajos de Soldadura en la Fabricación	Código AWS D1.1 Código ASME Secc. V Procedimientos de Soldadura (WPS) calificados Registro de Soldadores Calificados
13	Ensayos No Destructivos (Inspección Visual, Inspección por Tintes Penetrantes, Inspección Ultrasonido, Inspección Radiográfica)	Código AWS D1.1

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Listado de dossier de calidad de soldadura

Una vez planteado el Plan de Puntos de Inspección podemos elaborar un listado para nuestro Dossier de Calidad de Soldadura como detallamos a continuación:

1. Plan de calidad de la soldadura
2. Procedimientos / documentos de calidad en la fabricación.
 - 2.1 Lista de procedimientos / documentación
 - 2.2 Procedimientos / Documentación de calidad
3. Procedimientos de soldadura en la fabricación
 - 3.1 Listado de procedimientos
 - 3.2 Procedimientos de soldadura (WPS/PQR).
4. Homologación de soldadores
 - 4.1 Listado de homologaciones
 - 4.2 Homologaciones de soldadores (WPQ)
5. Procedimientos y calificación de inspectores de ensayos no destructivos.
 - 5.1 Listado de procedimientos NDT
 - 5.2 Procedimientos de NDT
 - 5.3 Listado de inspectores
 - 5.4 Cualificación de inspectores
6. Certificado de calibración de equipos (equipos de medida y ensayo).
 - 6.1 Listado de equipos de medida y ensayo
 - 6.2 Certificados de calibración

7. Certificados de materiales

8. Fabricación

8.1 Welding book

8.2 Registro de control dimensional

9. Inspecciones NDT

9.1 Inspección por líquidos penetrantes

9.2 Inspección por partículas magnéticas

9.3 Inspección por ultrasonido

10. No conformidades

10.1 Listado de no conformidades

10.2 Informes de no conformidades

3.2.3. Costo de la No Calidad

Al principio pueden ser viables los costos pero mientras se va ejecutando el proyecto los montos se van incrementando por criterios de No Conformidad y rechazos por la falta de Control de Calidad.

3.2.4. Herramientas, equipos y instrumentos

Los controles de calidad en el proceso de soldadura se realiza desde la adquisición de la materia prima (planchas de acero al carbono, aporte de soldadura, máquinas de soldar, etc). Estos equipos poseen costos directos e indirectos que involucran el proceso de fabricación con soldadura. Entre las distintas herramientas y equipos a utilizar para garantizar un adecuado proceso de soldadura son las siguientes:

Tabla n. ° 3.2 Máquinas para soldar

MAQUINAS			
	Descripción de producto	Modelo	Código
Sección	Máquina de soldar inversor jasic	ARC - 250	MS-IN-JA-001
	Máquina de soldar inversor jasic	ARC - 250	MS-IN-JA-002
	Máquina de soldar mig esab		MS-MI-ES-010
	Máquina de soldar mig esab		MS-MI-ES-011
	Máquina de soldar mig indura		MS-MI-IN-001
	Máquina de soldar mig indura		MS-MI-IN-002
	Máquina de soldar mig esab	AH-1708007 WELLDELD	MS-TI-ES-003
	Máquina de soldar mig	GMF 450	MS-MI-WD-001
	Máquina de soldar mig	GMF 450	MS-MI-WD-002
	Máquina de corte plasma hypermal	MAX 85	MC-PL-HI-001
	Máquina arco sumergido lincoln	TRACTOR LINCOLN	MS-AS-UN-001
	Máquina de corte signature		MC-PL-TD-001
	Máquina de soldar (solandina)		MS-IN-SO-001
MAQUINARIA ESPECIAL	Pantógrafo de corte esab cutting systems	SXE PI - 4500	PA-SA-ES-001
	Máquina de sierra	MEP 551247	MA-SI-MEP-002
	Horno para soldadura	0010 FYCO	HO-SO-IN-001

Fuente: Elaboración propia.

Los equipos a utilizar deben estar calibrados por un laboratorio autorizado por *INACAL*, estos llevaran registros de los patrones utilizados para la correcta trazabilidad de los mismos.

Tabla n. ° 3.3 Equipos para soldar

ITEM	Descripción
1	Pinza amperimétrica
2	Pirómetro
3	Taladro 1/2
4	Amoladora
5	caladora
6	cajón metálico de herramientas grande
7	Eslingas
8	tornillo de banco de 6"
9	mesa de trabajo
10	Botellas de Argón
11	Escobillas de acero
12	Alambre de soldadura
13	Escuadras metálicas
14	Wincha de 5 mts
15	Galgas

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Mano de obra

La mano de obra es algo muy esencial en el proceso de control de calidad de la soldadura, el personal debe estar homologado, también el personal que realiza los trabajos correspondientes de soldeo debe estar apto de acuerdo a la posición, proceso, materia a soldar. El personal involucrado en los procesos de soldadura se menciona a continuación:

- Inspector de soldadura nivel II.
- Soldador homologado posición 3G.
- Apuntaladores homologados

3.3. Desarrollo del objetivo 2

Para establecer los instructivos de control de calidad en el proceso de soldadura para la fabricación de la nave industrial del Proyecto Central Hidromanta se requiere tener registros que evidencien el buen proceso de soldadura como se detallan a continuación.

Un procedimiento de control de calidad es el método más adecuado para explicar el correcto manejo y uso del código describiendo sistemáticamente las etapas y secuencia de la metodología del control de calidad según el código AWS D1.1-2015. El uso de un procedimiento escrito es una garantía de que el control de calidad se realizara de una manera adecuada con una aplicación correcta del código. En el presente trabajo de este proyecto se desarrollará el procedimiento de control de calidad aplicado a estructuras metálicas de acuerdo al código AWS D1.1-2015.

3.3.1. Plan de calidad de la soldadura

El presente Plan de Calidad de Soldadura y los procedimientos asociados definen como establecer los procesos y la secuencia de actividades ligadas a la calidad, basado en la normativa AWS D1.1-2015, aplicables a la ejecución de actividades que constituyen los trabajos de soldadura en estructuras de acero.

Objetivo

- Cumplir con los requerimientos código AWS D1.1 - 2015 para la ejecución del proyecto.
- Establecer los lineamientos para controlar y asegurar que el trabajo ejecutado cumpla con las especificaciones, expectativas y necesidades del cliente.

Alcance

El plan de calidad de soldadura será aplicado a todas las fases y procesos relacionados con el suministro y fabricación de estructuras de acero.

Documentos de referencia

- AWS D1.1/D1.1M:2015
- ASME V
- Especificaciones técnicas

Restricciones

El código AWS D1.1 – 2015 es específicamente desarrollado para estructuras de acero soldadas de acero al carbono o aceros de baja aleación con espesores iguales o superiores a 3 mm o con una resistencia a la fluencia máxima de 690 MPa o menor.

Etapas previas en la fabricación estructuras metálicas

Se deben realizar las calificaciones de los procedimientos de soldadura aplicables a la fabricación de estructuras metálicas y homologaciones para los procesos de soldadura de acuerdo al Plan de Puntos de Inspección. Todos los procedimientos, Plan de Puntos de Inspección e instrucciones técnicas complementarias hacen referencia a los registros en los que dejara evidencia de los controles realizados y de conformidad con los requisitos establecidos.

Los documentos requeridos son:

- Plan de puntos de inspección de soldadura.
- Especificación de procedimiento de soldadura (WPS).
- Registro de calificación de procedimiento (PQR).
- Registro de calificación de soldador (WPQ).

Los controles a realizar en el proceso de soldadura de estructuras metálicas son los siguientes:

- Registro de recepción de materiales.
- Registro de material de aporte y consumibles.
- Registro de inspección de soldadura.
- Registro de control dimensional.
- Registro de líquidos penetrantes.

Política de control de calidad en la soldadura

El personal y alta dirección debe tener el compromiso y participación en cada etapa del proceso de soldadura que debe estar comprometido a:

- Entregar los proyectos de la más alta calidad con el alcance pactado de tiempo y costo.
- Lograr la satisfacción de la necesidad de los Clientes brindándoles productos y servicios que tengan en consideración prioritaria a la calidad y el cuidado del medio ambiente.
- Proteger al medio ambiente de cualquier efecto adverso resultante de sus operaciones, minimizando el impacto ambiental provocado por el consumo de recursos, generación de residuos y emisión de gases.
- protegiéndolos de cualquier lesión física o incidente.
- Cumplir con los reglamentos y legislación internacionales aplicables a la soldadura del proyecto en desarrollo.

Supervisión de control de calidad de la soldadura

- Administrar el Plan de Calidad del Proyecto.
- Responsable de verificar que se efectúe las actividades operativas establecidas en el Plan de Calidad de la Soldadura.
- Responsable de asegurar que los procesos involucrados en el presente Proyecto sigan los lineamientos del presente Plan de Calidad.
- Inspeccionar los materiales y consumibles que serán incorporados de forma permanente al Proyecto.
- Elaborar y/o completar los datos de los registros de calidad aplicables.

- Emitir las No Conformidades y efectuar su tratamiento y seguimiento hasta el cierre de las mismas.
- Responsable de controlar y asegurar la Calidad de los procesos constructivos de soldadura, el buen estado y calibración de todos los materiales y equipos.
- Asegurar la calidad de los trabajos para cumplir con los requerimientos del cliente.

Personal

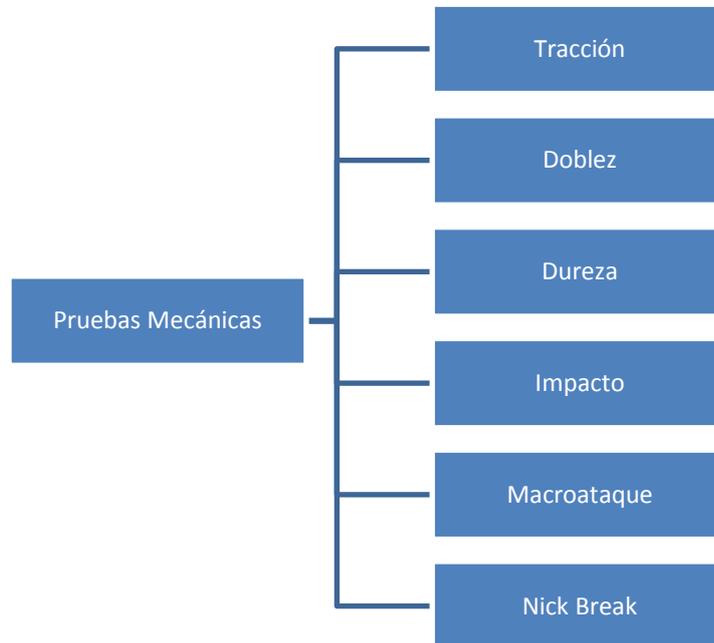
El personal que realiza las verificaciones del control de calidad de la soldadura debe estar calificado para realizar las inspecciones y podemos clasificarlos en la siguiente forma:

- Inspector de soldadura senior SCWI.
- Inspector de soldadura CWI.
- Inspector de soldadura asociado CAWI.
- Inspector calificado por la ASNT nivel II

Pruebas mecánicas para procedimientos de soldadura

Para calificar un procedimiento de soldadura (WPS) se debe realizar diferentes ensayos en laboratorios acreditados para evaluar que los parámetros usados en el proceso de soldadura garanticen un buen resultado. Entre las distintas pruebas mecánicas que se realizan son las que se muestran en el gráfico de la siguiente página.

Figura n.º 3.3 Pruebas mecánicas

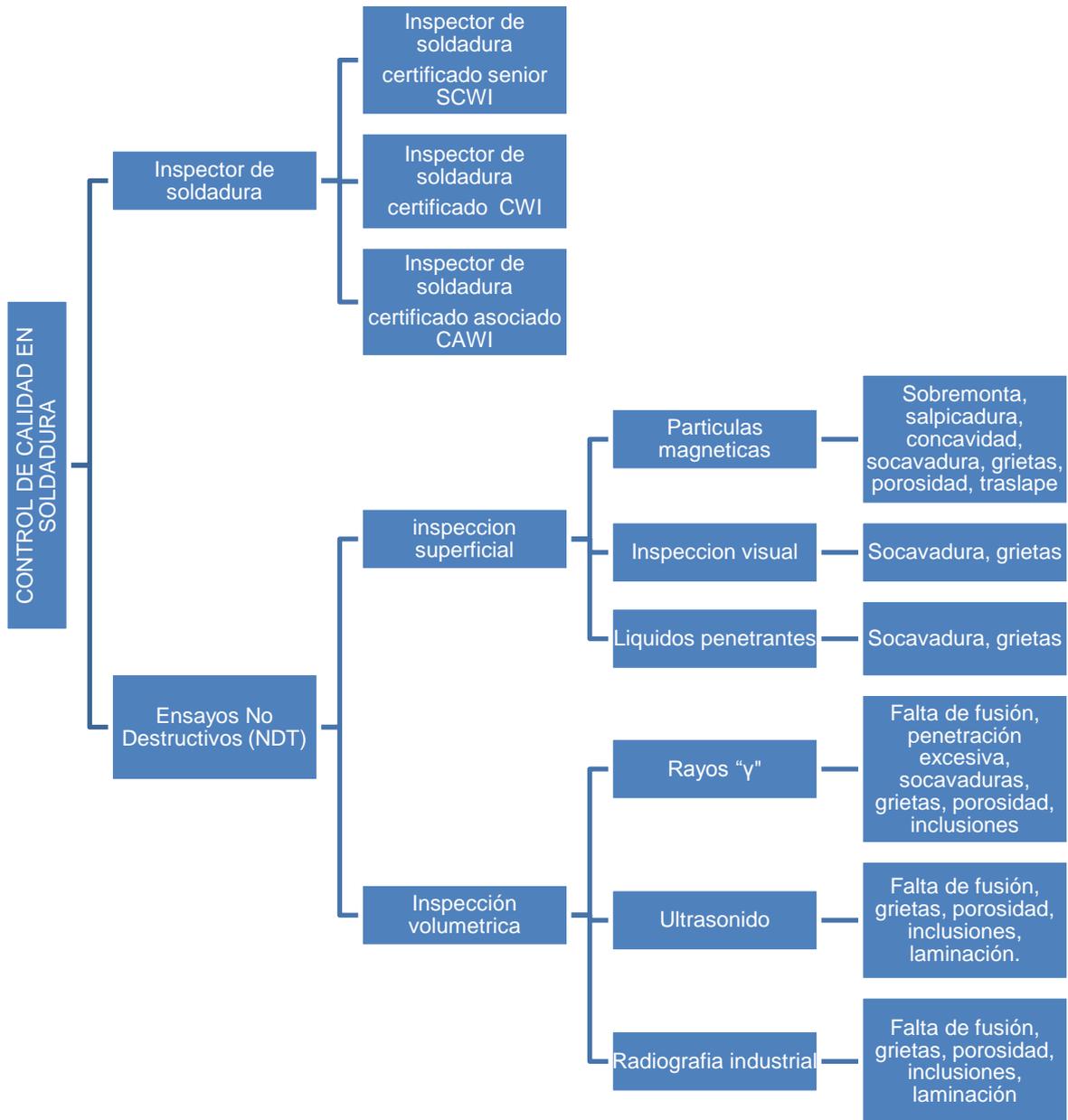


Fuente: Elaboración propia.

Control de calidad en la soldadura

Para el control de calidad debemos realizar diferentes ensayos no destructivos para evaluar el aspecto superficial e interno de la estructura soldada. Para esto se divide en 2 grupos de inspecciones.

Figura n.º 3.4 Control de calidad en la soldadura



Fuente: Elaboración propia.

Procesos de ensayos no destructivos (NDT)

En cada proceso de soldadura se debe verificar los planos de fabricación donde se detalla el tipo de uniones de soldadura, materiales y procesos, con esta información se realiza el Registro de Calificación del Procedimiento (PQR) mediante ensayos destructivos como: ensayos de tracción, ensayos de doblez de raíz, doblez de lado, doblez de cara, Nick break, macroataque. Con estos resultados se contrasta con la normativa vigente del AWS D1.1–2015 para verificar si es aceptable o rechazado las probetas realizadas para la elaboración de la Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS).

Se debe realizar el Ensayo de No Destructivo (NDT) de Inspección Visual (VT) al 100% en toda la estructura metálica soldada, para lo cual debemos tener en consideración lo siguiente:

- Se debe desarrollar la inspección visual de acuerdo a los criterios establecidos en el código ASME V.
- Se debe desarrollar los criterios de aceptación de la inspección visual de acuerdo a la Tabla 6.1 del código de soldadura AWS D1.1–2015.
- Se debe usar ambos criterios tanto el de requerimientos de inspección como los del criterio de aceptación.

Luego de realizar la Inspección Visual (VT) si el contrato lo requiere se debe realizar los Líquidos Penetrantes (PT) o Partículas Magnéticas (MT), estos ensayos dependerán del tipo de soldadura realizada.

- Se debe desarrollar los Líquidos Penetrantes (PT) de acuerdo al ASTM E165.

- Se debe desarrollar los criterios de aceptación de acuerdo a la tabla 6.1 de la página 209 del código de soldadura AWS D1.1–2015.
- Al igual que en la inspección visual se debe usar ambos criterios para la aceptación de la soldadura realizada.

Si está en el contrato se realizara el Ensayo no Destructivos de Partículas Magnéticas (MT), este ensayo a diferencia de los Líquidos Penetrantes (PT) mediante la técnica del campo magnético puede detectar discontinuidades más rápidamente.

- La inspección se debe desarrollar según los criterios del código ASTM E709.
- Se debe desarrollar los criterios de aceptación de acuerdo a la tabla 6.1 de la página 209 del código de soldadura AWS D1.1–2015.
- Se debe usar ambos criterios tanto el de requerimientos de inspección como los del criterio de aceptación.

Si es aceptado el criterio de la Inspección Visual y el contrato exige realizar Ensayos no Destructivos volumétricos se puede optar por el Ensayo de Ultrasonido (UT).

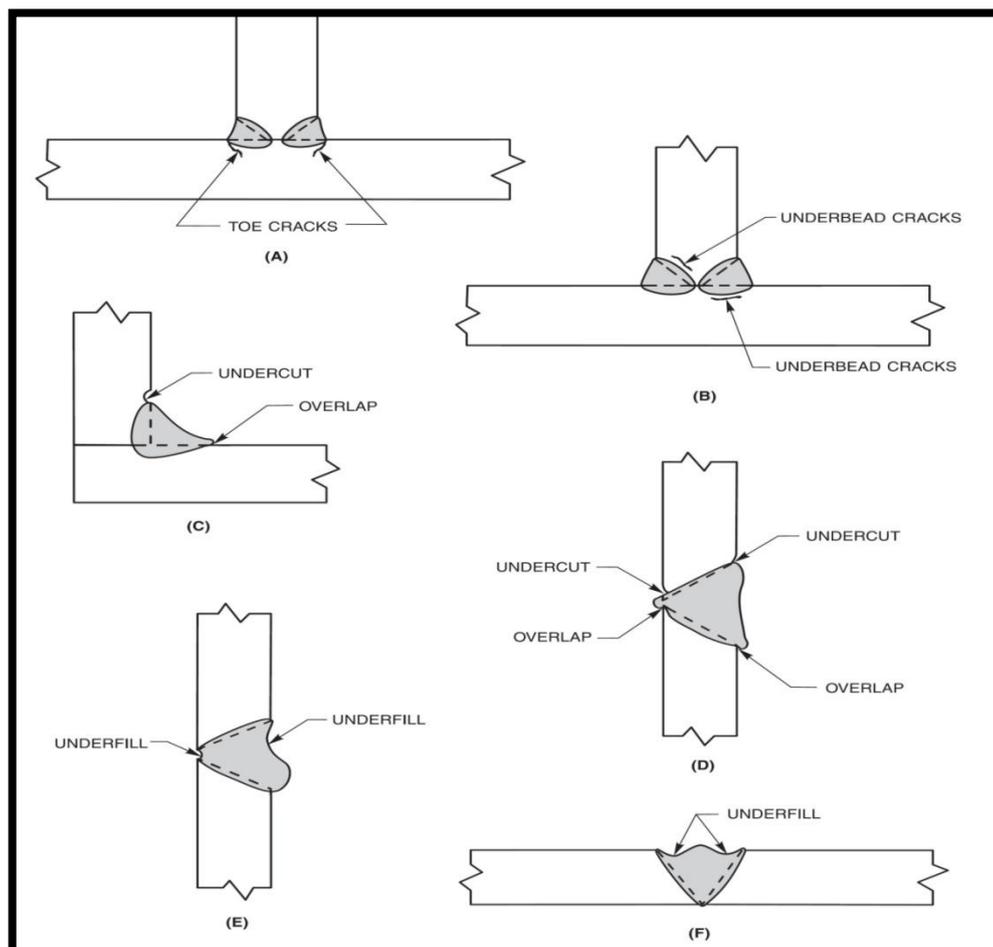
- La inspección se debe desarrollar según la parte “F” en la página 199 - 206 los criterios del código AWS D1.1-2015.
- Se debe usar el criterio de aceptación de la página 195 – 196 del código AWS D1.1-2015.
- Los criterios de aceptación para uniones tubulares cargadas estáticamente se encuentran en la tabla 6.2 de la página 210 del código AWS D1.1-2015.

- Los criterios de aceptación para uniones tubulares cargadas cíclicamente se encuentran en la tabla 6.3 de la página 211 del código AWS D1.1-2015.
- El equipo de ultrasonido debe tener una calibración vigente.

3.3.2. Criterios de aceptación según el AWS D1.1-2015

Los criterios de aceptación para Ensayos no Destructivos superficiales son indicados en la página 94 del código AWS D1.1-2015 para las uniones no tubulares cargadas cíclicamente o no.

Figura n. ° 3.5 Discontinuidades del proceso de soldadura



Fuente: Especificación AWS 3.0-01 página 94

Criterios de aceptación

En la tabla 6.1 del código de soldadura AWS D1.1-2015 observamos los criterios de aceptación del Ensayo no Destructivo de Inspección Visual (VT).

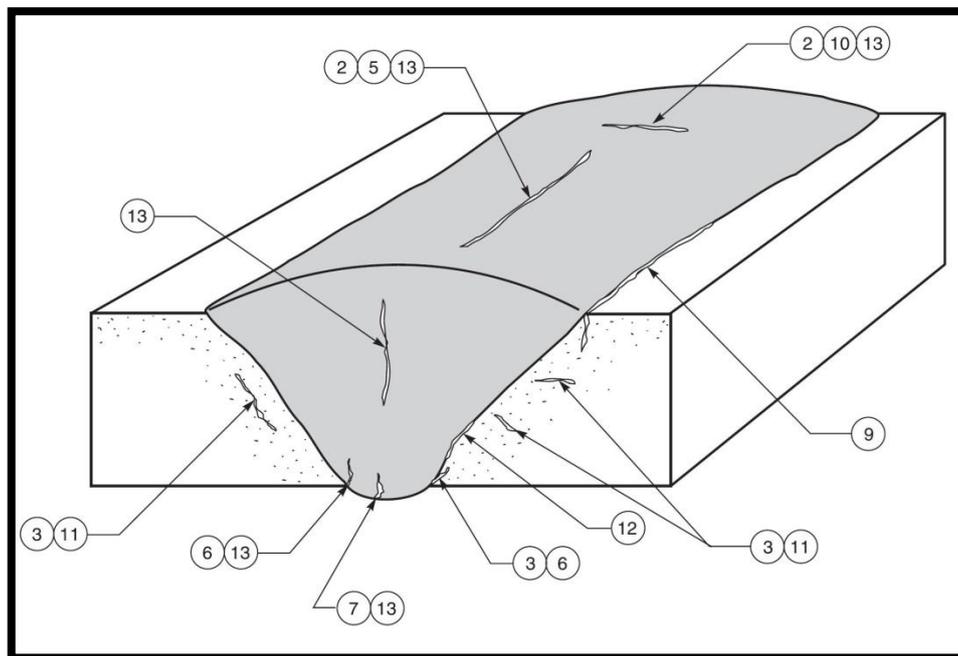
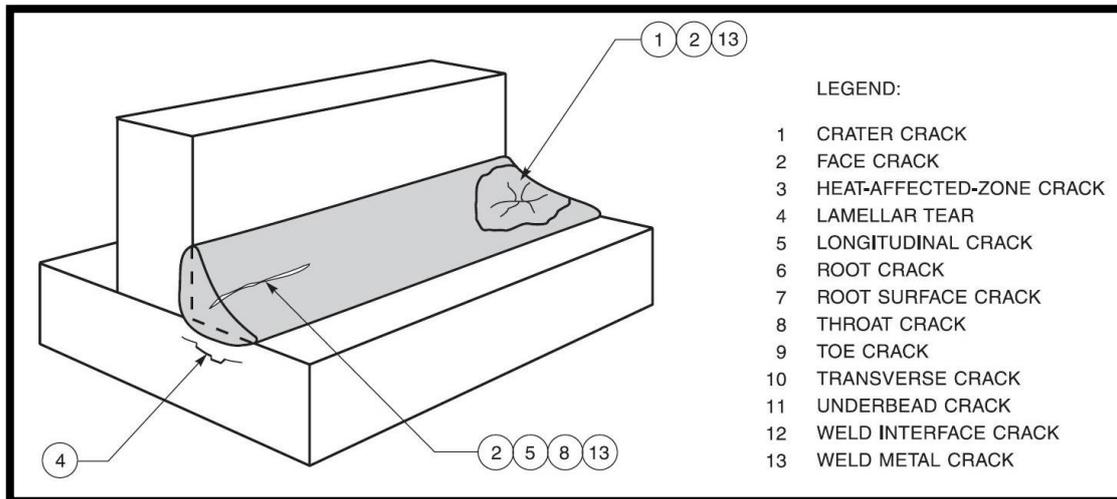
Figura n.º 3.6 Criterios de aceptación

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections										
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X										
(2) Weld/Base Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X										
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X	X										
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 5.23.	X	X										
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W [HPS 690W] steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X	X										
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U): <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 3/16 [5]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4 [6]</td> <td style="text-align: center;">≤ 3/32 [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 5/16 [8]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table> In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, underrun shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.	L,	U,	specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]	≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]	1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]	≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]	X	X
L,	U,											
specified nominal weld size, in [mm]	allowable decrease from L, in [mm]											
≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]											
1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]											
≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]											
(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X											
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X	X										

Fuente: Código de soldadura AWS D1.1-2015, página 209.

Toda fisura será considerada un defecto y debe ser rechazada sino cumple con los criterios de aceptación de la Inspección Visual (VT).

Figura n.º 3.7 Tipos de fisuras



Fuente: Especificación AWS 3.0-01 página 95

Las uniones de soldadura no deben presentar fisuras y las discontinuidades serán aceptables de acuerdo a la referencia 5.23 de la página 177 del código de soldadura AWS D1.1-2015.

- Los requerimientos de la Inspección Visual están establecidos en la tabla T-921 de la especificación de soldadura ASME V-07.

Figura n.º 3.8 Requerimientos para el procedimiento de Inspección Visual (VT)

Requirement (As Applicable)	Essential Variable	Non-Essential Variable
Change in technique used		
Direct to or from translucent	X	...
Direct to remote	X	...
Remote visual aids	X	...
Personnel performance requirements, when required	X	...
Lighting intensity (decrease only)	X	...
Configurations to be examined and base material product forms (pipe, plate, forgings, etc.)	...	X
Lighting equipment	...	X
Methods or tools used for surface preparation	...	X
Equipment or devices used for a direct technique	...	X
Sequence of examination	...	X
Personnel qualifications	...	X

Fuente: Código de soldadura ASME V-07, página 190.

- Los criterios de aceptación de la soldadura a filete y a tope lo visualizamos en la tabla 5.8 y 5.9 del código de soldadura AWS D1.1-2015.

Tabla n. ° 3.4 Perfiles de soldadura

Weld Type	Joint Type					
	Butt	Corner—Inside	Corner—Outside	T-Joint	Lap	Butt with Shelf Bar
Groove (CJP or PJP)	Figure 5.4A	Figure 5.4B ^b	Figure 5.4C	Figure 5.4D ^b	N/A	Figure 5.4G
	Schedule A	Schedule B	Schedule A	Schedule B	N/A	See Note c
Fillet	N/A	Figure 5.4E	Figure 5.4F	Figure 5.4E	Figure 5.4E	N/A
	N/A	Schedule C	Schedule C or D ^d	Schedule C	Schedule C	N/A

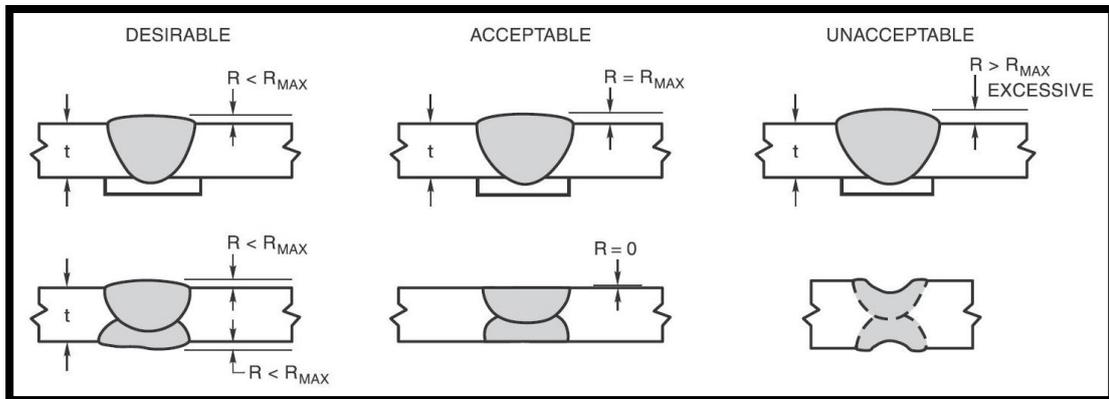
Fuente: Tabla 5.8 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 182.

Tabla n. ° 3.5 Espesores de perfiles de soldadura

Schedule A	(t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = weld size for PJP)			
	t	R min.	R max.	
	≤ 1 in [25 mm]	0	1/8 in [3 mm]	
	> 1 in [25 mm], ≤ 2 in [50 mm]	0	3/16 in [5 mm]	
Schedule B	(t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = weld size for PJP; C = allowable convexity or concavity)			
	t	R min.	R max.	C max. ^b
	< 1 in [25 mm]	0	unlimited	1/8 in [3 mm]
	≥ 1 in [25 mm]	0	unlimited	3/16 in [5 mm]
Schedule C	(W = width of weld face or individual surface bead; C = allowable convexity)			
	W		C max. ^b	
	≤ 5/16 in [8 mm]		1/16 in [2 mm]	
	> 5/16 in [8 mm], < 1 in [25 mm]		1/8 in [3 mm]	
Schedule D	(t = thickness of thinner of the exposed edge dimensions; C = allowable convexity; see Figure 5.4F)			
	t	C max. ^b		
	any value of t	t/2		

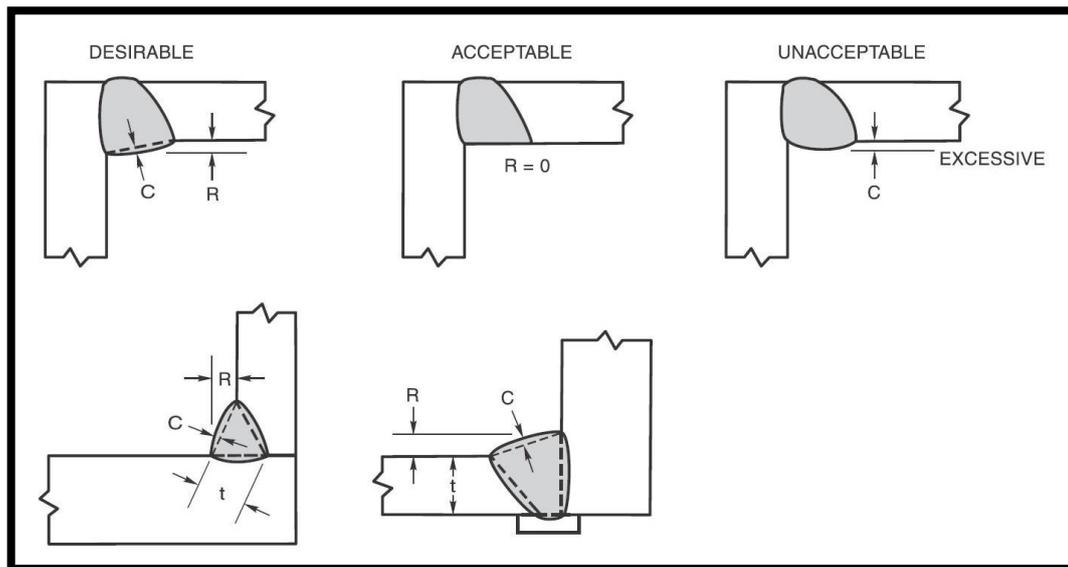
Fuente: Tabla 5.9 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 182.

Figura n.º 3.9 Requerimientos de soldadura a tope (A)



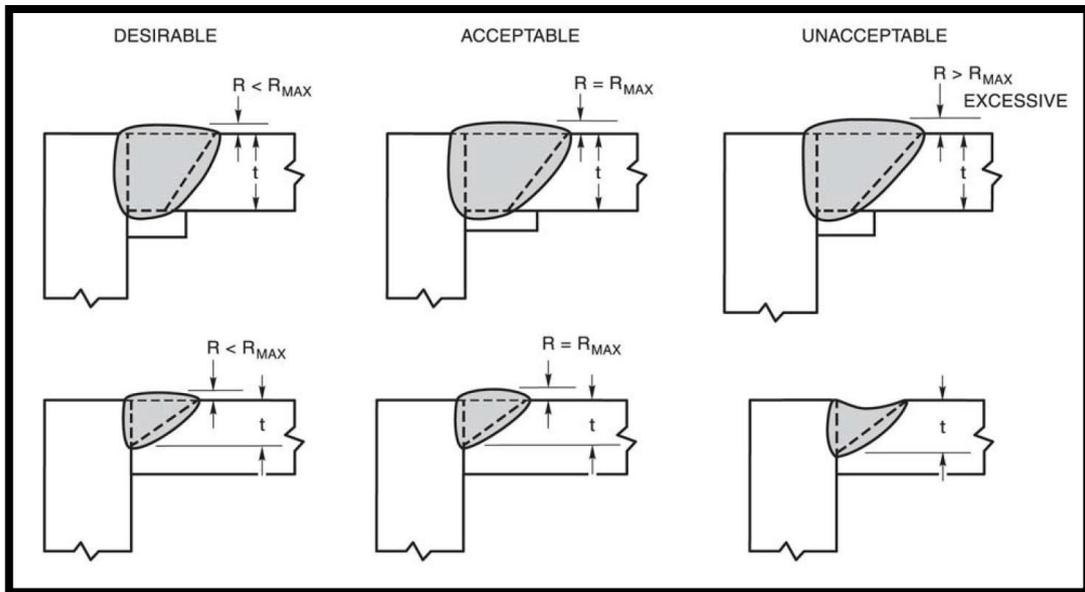
Fuente: Figura 5.4 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 186.

Figura n.º 3.10 Requerimientos de soldadura a ranura (B)



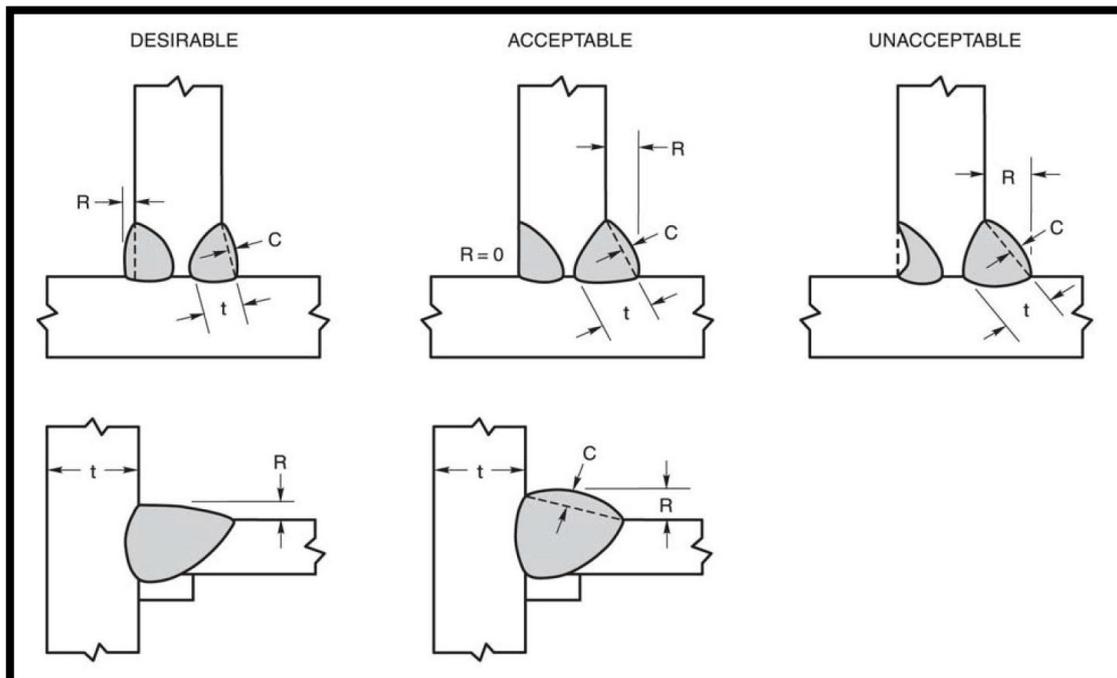
Fuente: Figura 5.4 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 186.

Figura n.º 3.11 Requerimientos de soldadura a ranura (C)



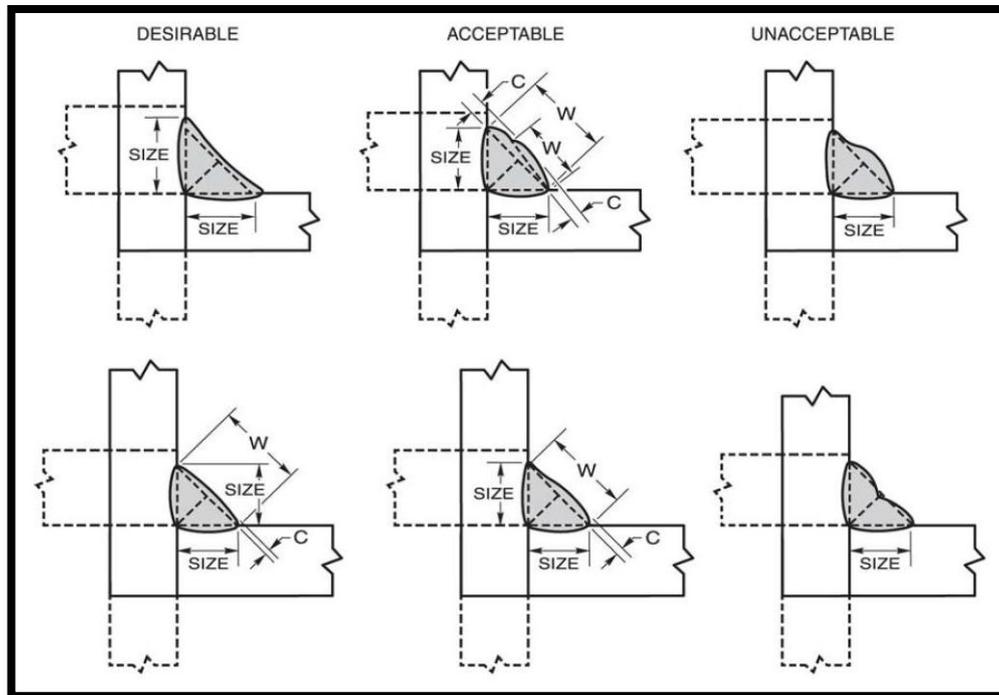
Fuente: Figura 5.4 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 187.

Figura n.º 3.12 Requerimientos de soldadura a ranura en juntas en T (D)



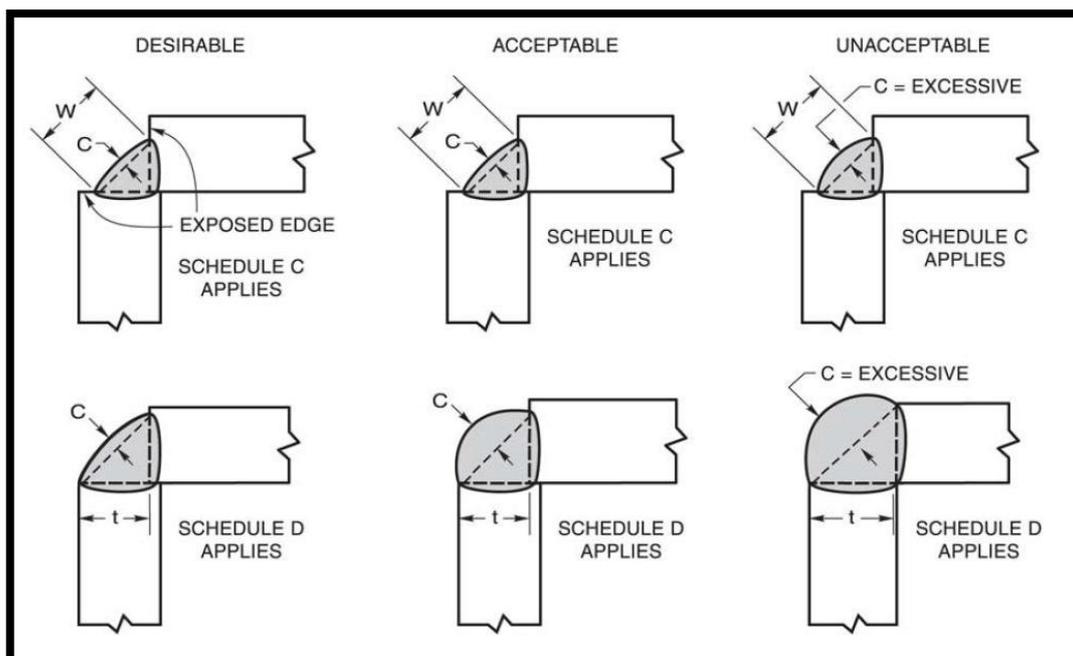
Fuente: Figura 5.4 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 187.

Figura n.º 3.13 Requerimientos de soldadura a filete (E)



Fuente: Figura 5.4 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 188.

Figura n.º 3.14 Requerimientos de soldadura en esquinas (F)



Fuente: Figura 5.4 del código de soldadura AWS D1.1-2015, página 188.

Liberación de estructuras

Antes de pasar a la etapa de pintado en la soldadura de las estructuras metálicas se deben realizar un último control que comprenderá:

- La verificación documentaria de la realización de todos los controles e inspecciones definidos para cada estructura metálica soldada, así como la conformidad de dichos registros y controles.
- La inspección integral de los elementos a liberar.
- La liberación de las estructuras metálicas.

3.3.3. Procedimiento de inspección visual de soldadura

Objetivo

Se tiene los siguientes objetivos:

- Medición de las dimensiones de las uniones soldadas.
- Detección de posibles fisuras o discontinuidades superficiales de la soldadura.
- Registrar y marcar las posiciones de defectos para su reparación o de discontinuidades que requieren mayor inspección y verificación por otras técnicas de NDT.

Alcance

Este procedimiento se aplica a la inspección visual y verificación dimensional de la unión soldada de la plancha y barra de acero al carbono.

Documentos de referencia

El documento de referencia es: AWS D1.1-2015.

Material

El material es acero al carbono (viga laminada, planchas y ángulos).

Equipos usados

- Escobilla de acero.
- Solvente limpiador (cleaner).
- Regla metálica.
- Wincha.
- Medidor de catetos.

Procedimiento de inspección

Escobillado manual, con escobilla de acero inoxidable. Luego limpieza con solvente por spray, finalmente se seca al ambiente de acuerdo a la norma ASTM E-165 ANEXO 1. La limpieza y el secado respectivo se realizan a cada lado del cordón de soldadura, a una distancia aproximada de 2” del centro del cordón de soldadura para ambos lados.

Previo a la inspección

Previa a la soldadura, algunas acciones típicas requieren atención por el inspector visual:

- Revisar dibujos y especificaciones.
- Chequear la calificación de los procedimientos y del personal a ser utilizados.
- Establecer los puntos de chequeo.
- Establecer un plan para el registro de los resultados.

- Revisar los materiales a ser utilizados.
- Chequear las discontinuidades del metal base.

Procedimiento de soldadura

Otra etapa preliminar para asegurar un buen proceso y acabado en los trabajos de soldadura es que el procedimiento de soldadura aplicable cumpla con los requerimientos de trabajo, adicional también se precisa la homologación de los soldadores la cual deberá ser revisada y verificada que cumpla con las especificaciones ahí mencionadas. Los dibujos y especificaciones dictarán que metales base van a ser unidos y que metal de aporte será utilizado.

Material base

Previo a la soldadura, la identificación del tipo de material base y un examen de las especificaciones del metal base debería hacerse. Si una discontinuidad tal como una laminación en planchas esta presenta y permanece indetectables ella puede afectar la integridad total de la estructura de la soldadura. Muchas veces una laminación será visible a lo largo del borde de la plancha.

Los ítems que son considerados prioritarios para un buen acabado de soldadura son:

- Angulo del canal.
- Abertura de raíz.
- Alineamiento de la junta.
- Limpieza de la junta.
- Soldaduras de apuntalamiento.

Estos factores podrían tener un efecto directo en la calidad de la soldadura resultante.

Durante la soldadura

Quizá la parte más crítica de cualquier soldadura es el pase de raíz. Los problemas existen en este punto en la progresión combine para hacer el resultado satisfactorio del balance de la dificultad de la soldadura, consecuentemente, una gran cantidad de defectos los cuales son descubiertos posteriormente es una soldadura están asociados con el pase de raíz de la soldadura.

Examen entre capas

Para evaluar la calidad de soldadura según el trabajo progresa, es deseable examinar visualmente cada capa para juzgar su integridad. Esto también provee un chequeo para determinar si limpieza adecuada se está realizando entre pase. Esto puede ayudar para aliviar la ocurrencia de inclusiones de escoria en la soldadura final. Muchas de estos ítems pueden ser direccionados en el procedimiento de soldadura aplicable. En ese caso, la inspección visual realizado durante la soldadura básicamente un chequeo para determinar si hay conformidad con los requisitos del procedimiento de soldadura.

Después de la soldadura

Mucha gente siente que la Inspección visual empieza cuando la soldadura ha sido terminada. Sin embargo, si todas las etapas discutidas han sido tomadas antes y durante la soldadura, esta etapa final de la inspección visual será cumplida fácilmente. Proveerá simplemente un chequeo para asegurar que las etapas tomadas han resultado en una soldadura satisfactoria. Algunas de los diversos ítems los cuales requieren atención

después que la soldadura ha sido terminada son:

- Apariencia final de la soldadura.
- Tamaño final de la soldadura.
- Longitud de la soldadura.
- Precisión dimensional.
- Cantidad de distorsión.
- Tratamiento post soldadura.

El propósito básico de la inspección visual final es asegurar la calidad de la soldadura.

Discontinuidades típicas encontradas en las soldaduras son:

Porosidad: La porosidad está caracterizada por discontinuidades del tipo cavidad formado por gas atrapado durante la solidificación. La discontinuidad formada es generalmente esférica pero puede ser cilíndrica. Frecuentemente, la porosidad es una indicación que el proceso de soldadura no está siendo apropiadamente controlado, o que el metal base o metal de aporte está contaminado, o que el metal base es de una composición incompatible con el metal de aporte de la soldadura y el proceso.

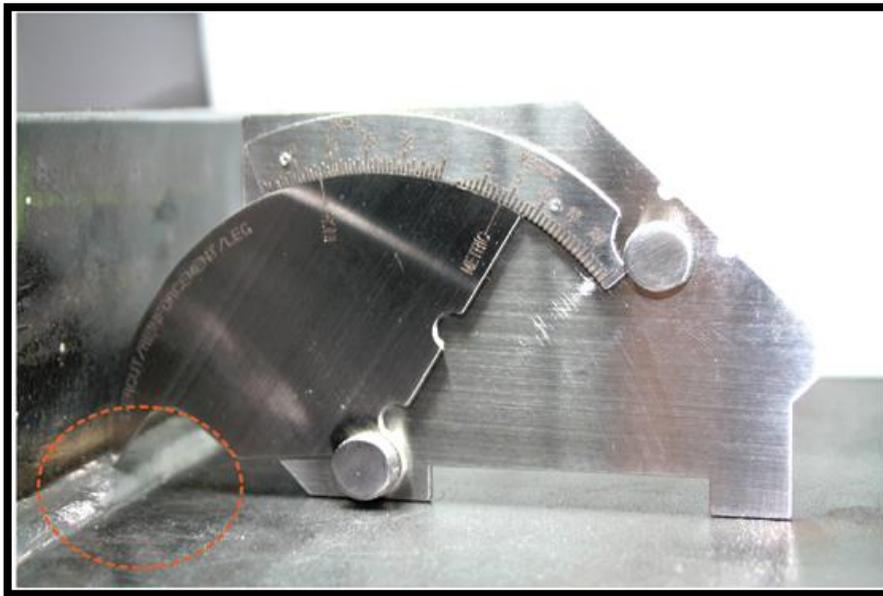
Socavación: La socavación crea una transición la cual debería ser evaluada para una reducción en la sección transversal, y para concentración de tensiones o efecto entalla cuando la fatiga es una consideración. La socavación, controlada dentro los límites de la especificación, no es considerada un defecto de soldadura. La socavación esta usualmente asociada con técnicas de soldadura inapropiada o parámetros de soldadura, corrientes o voltajes de soldadura excesiva, o ambos.

Fisuras: La fisuras se forman en la soldadura y en el metal base cuando tensiones localizadas exceden la resistencia máxima del material. El fisuramiento puede ocurrir a

temperatura elevada durante la solidificación del metal de soldadura, o después de la solidificación, cuando la soldadura ha disminuido su temperatura.

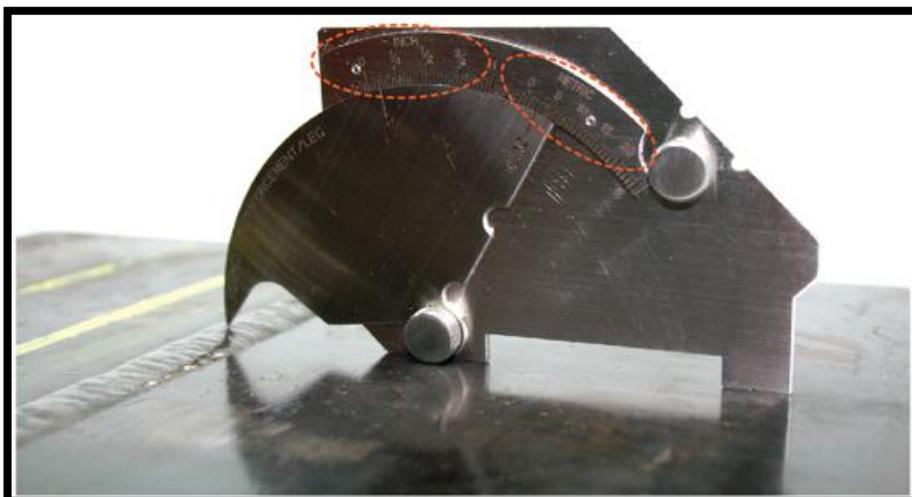
Medida de altura del filete: Es muy importante la verificación de la altura del filete aportado.

Figura n. ° 3.15 Medición de catetos de soldadura



Fuente: Elaboración propia

Figura n. ° 3.16 Medición de sobremonta



Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Procedimiento de partículas magnéticas

La examinación no destructiva por Partículas Magnéticas (MT) permite detectar grietas y otras discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferros magnéticos, disminuyendo rápidamente la sensibilidad al aumentar la profundidad de la discontinuidad.

El principio del método es la distorsión del campo magnético o formación de polos cuando existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético generado o inducido en el material ferro magnético, estas distorsiones o polos atraen a las partículas magnéticas que por acumulación producen indicaciones que se observan visualmente de manera directa o bajo luz ultravioleta.

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

Objetivo

Establece las condiciones necesarias para la ejecución de la prueba de partículas magnéticas por la técnica del yugo en materiales ferros magnéticos.

Codigos, normas y/o standar de referencia

- AWS D1.1/D1.1M:2015 Structural Welding Code – Steel
- AWS B1.10:1999 Guide for the Nondestructive Examination of Welds
Recommended Practice No. SNT-TC-1A
- ASTM E 709, Guide for Magnetic Particle Inspection

Materiales a ser examinados

Material: Acero al carbono y de baja aleación Proceso de fabricación: laminados y soldados Formas: Uniones soldadas a tope o esquina T.

Equipo y técnicas de magnetización

Solo el uso del Yugo electromagnético de corriente alterna es permitido. La intensidad del campo magnético tangencial en el área útil de prueba debe estar comprendido entre 17 y 65 A/cm. La fuerza magnetizante del yugo debe ser verificada a través de su capacidad mínima de levantamiento de masa con un máximo espaciamiento entre polos que será utilizado en el lugar de ensayo. Cada yugo deberá tener una capacidad mínima de levantamiento de masa de 4.5 Kg. que debe ser comprobada al inicio y cada 8 horas de trabajo. El yugo deberá ser chequeado siempre que haya sufrido daño o reparación.

Partículas magnéticas

Las partículas magnéticas utilizadas en la prueba por vía húmeda o vía seca deben poseer características geométricas, magnéticas y de visibilidad que proporcionen, una condición de prueba, movilidad, contraste y sensibilidad adecuada.

En caso de emplear partículas magnéticas por vía húmeda, la suspensión debe ser preparada según las recomendaciones del fabricante. La concentración de las partículas en el medio debe ser verificada en un tubo decantador. Una muestra de 100 ml de suspensión que está siendo utilizada debe ser decantada por 30 minutos cuando el medio es agua y 60 minutos para destilados de petróleo. La concentración debe ser verificada al inicio y cada 4 horas de trabajo. Para partículas fluorescentes el volumen decantado de partículas debe

estar comprendido entre 0.1 y 0.4 ml. Para partículas coloridas (visibles bajo luz normal), el volumen de partículas decantadas debe estar comprendido entre 1.2 y 2.4 ml.

Condiciones de prueba

Cuando la prueba es conducida bajo luz normal (blanca), la intensidad de la luz en la superficie examinada no debe ser menor de 1000 lux. Cuando la prueba es conducida bajo luz ultravioleta, el área oscurecida debe presentar una luminosidad máxima de 20 lux.

La lámpara ultravioleta antes de ser utilizada, debe permanecer encendida por un tiempo mínimo de 5 minutos. La intensidad de la luz negra debe ser medida al inicio y cada 6 horas de trabajo con el uso de un medidor/monitor sensible a la luz ultravioleta. Es recomendable que el inspector este en el lugar de prueba por lo menos 5 minutos antes de iniciar la inspección, para adaptación de sus ojos al ambiente oscurecido. Los lentes de cristal foto cromáticos no deben ser utilizados durante los trabajos.

Preparación de la superficie

La superficie adyacente a cada lado de la junta soldada a 25 mm. debe estar seca y libre de escamas, grasa, aceite, escoria, pintura y otros materiales que puedan interferir en la ejecución de la prueba.

Temperatura

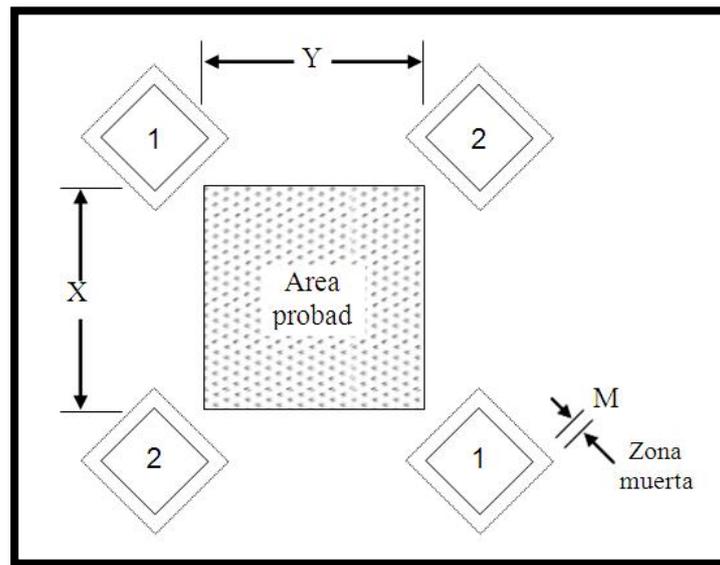
Durante la ejecución de la prueba, la temperatura de la superficie examinada no debe ser superior a 315 °C para examinación por vía seca y de 57 °C para examinación por vía húmeda.

Técnicas de sobre posición

La prueba debe ser ejecutada con suficiente sobre posición, para asegurar que el 100% del área a ser probada es cubierta con la sensibilidad requerida. Por lo menos dos pruebas deben ser ejecutadas en cada área, de modo que aquellas líneas de la segunda prueba sean aproximadamente perpendiculares a aquellas obtenidas durante la primera prueba.

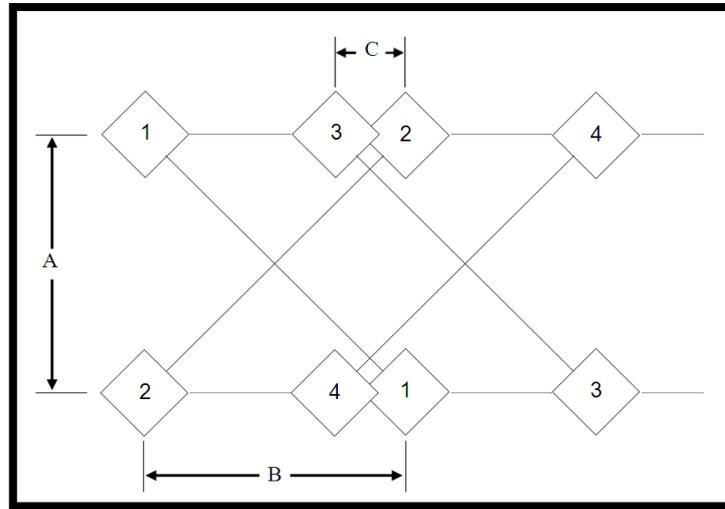
Esquema de sobre posición aplicable a superficies planas y juntas a tope en platinas.

Figura n. ° 3.18 Posicionamiento de yugo de partículas magnéticas



Fuente: Elaboración propia

Figura n. ° 3.19 Desplazamientos de las partículas magnéticas

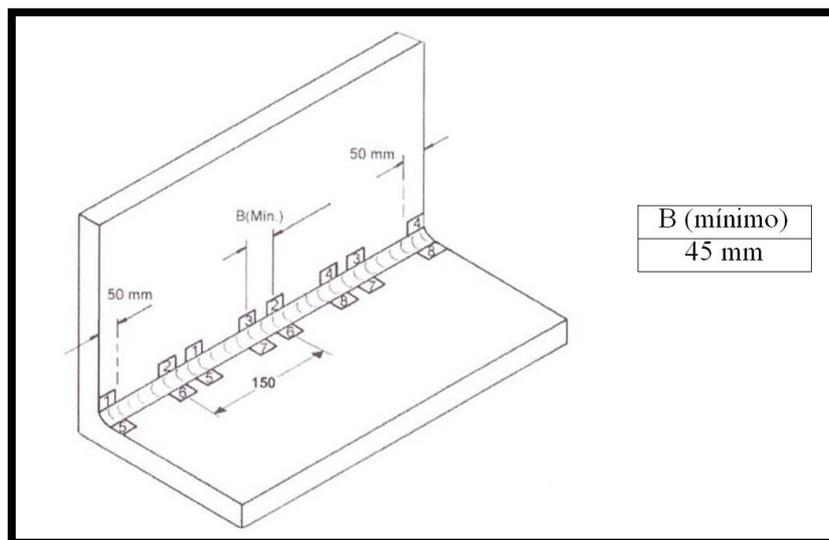


Distancia	A	B	C	X	Y	M
Milímetros	116	116	50	60	66	10

Fuente: Elaboración propia

Esquema de sobre posición aplicable para las juntas de ángulo en T Primera etapa de ensayo

Figura n. ° 3.20 Posición para juntas a filete



Fuente: Elaboración propia

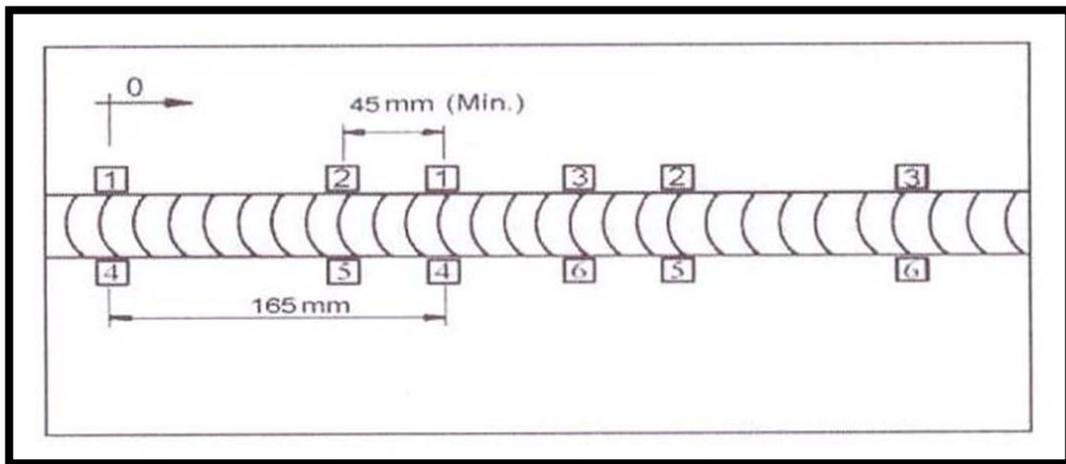
Notas:

1. Los polos del yugo deben moverse a una distancia mínima de 35 mm del borde de la soldadura
2. El esquema de sobre posición es válido para soldaduras con un ancho de cordón de 50 mm.

Esquema de sobre posición aplicable para juntas circunferenciales y longitudinales

Primera etapa de ensayo

Figura n. ° 3.21 Posición aplicable para juntas circunferenciales



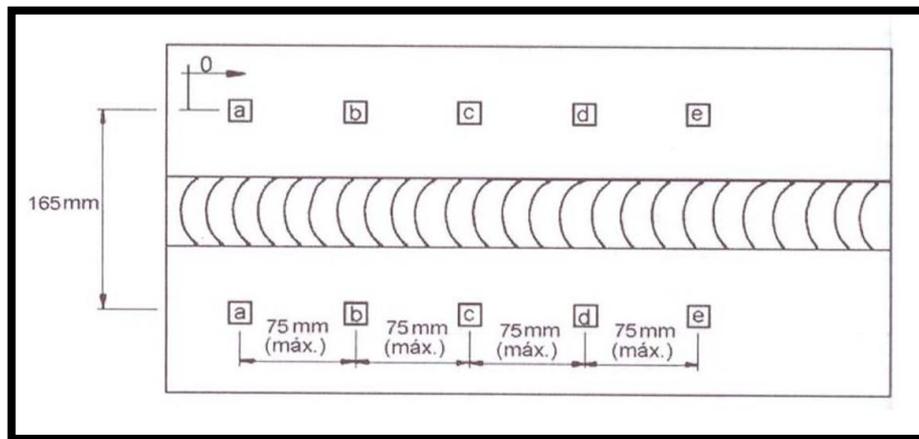
Fuente: Elaboración propia

Notas:

1. Los polos del yugo deben apoyarse adyacente a la soldadura
2. El esquema de sobre posición es válido para soldaduras con un ancho de cordón de 50 mm.
3. Secuencia de ensayo: 1-1; 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; n-n

Segunda etapa del ensayo

Figura n. ° 3.22 Secuencia de etapas de las partículas magnéticas



Fuente: Elaboración propia

Notas:

1. Los polos del yugo deben moverse a una distancia mínima de 35 mm del borde de la soldadura
2. El esquema de sobre posición es válido para soldaduras con un ancho de cordón de 50 mm.
3. Secuencia de ensayo: a-a; b-b; c-c; n-n.

Metodo de prueba

Las partículas magnéticas secas serán aplicadas de tal forma que se produzca una ligera capa de polvo, asentándose sobre la superficie examinada mientras está siendo magnetizada. El exceso debe ser removido cuando aun esta el campo magnético, sin perturbar las partículas atraídas por el campo de fuga. Las partículas magnéticas por vía húmeda serán aplicadas por pulverizado o vertidos sobre el área a ser examinada durante la aplicación del campo magnético.

Evaluación de resultados

La evaluación de discontinuidades será realizada según los criterios el código y/o especificación aplicable: Código AWS D1.1/D1.1M:2015, Sección 6, Tabla 6.1.

Figura n. ° 3.23 Formulario de Reporte de resultados.

REPORTE DE INSPECCION PARTICULAS MAGNETICAS				INFORME	
				FECHA	
				PAG. DE	
CLIENTE:				O/C	
PROYECTO / OBRA:					
REQUERIDO POR:					
Material	Espesor	Diámetro	Producto:		
			<input type="checkbox"/> Soldadura <input type="checkbox"/> Plancha <input type="checkbox"/> Fundición <input type="checkbox"/> _____		
% / m Solicitado	Código/Norma Referencia		Condición de Superficie:		
			<input type="checkbox"/> Esmerilada <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/> Rugosa <input type="checkbox"/> Pulida		
Procedimiento N°	Criterio Aceptación		Equipo:		
			Marca	Modelo	
Método:					
<input type="checkbox"/> Yugo <input type="checkbox"/> Contacto Directo <input type="checkbox"/> Conductor Central <input type="checkbox"/> Bobina <input type="checkbox"/> Contacto con Puntas <input type="checkbox"/> Corriente Inducida					
Medio:			ESQUEMA DE LOS TIPOS DE JUNTA EXAMINADOS		
<input type="checkbox"/> Via Seca <input type="checkbox"/> Via Húmeda					
Partículas:					
<input type="checkbox"/> Fluorescente <input type="checkbox"/> No Fluorescente					
Color	Tamaño				
Proceso Magnético:					
<input type="checkbox"/> Continuo <input type="checkbox"/> Residual <input type="checkbox"/> Continuo-Verdadero					
Corriente de Magnetización:					
<input type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> HWRAC <input type="checkbox"/> FWRAC					
Dirección campo magnético:					
<input type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Longitudinal					
Desmagnetización: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si					
Método	Corriente				
N°	Discontinuidad	Dimensión	Localización	Calificación	Observación
1					
2					
3					
4					
5					
OBSERVACION:					
<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> RECHAZADO <input type="checkbox"/> ECN					
Leyenda:					
Calificación		Discontinuidad			
A	: Aprobado	Ac	: Porosidad	C	: Falta de Fusión
R	: Rechazado	Fb	: Socavado	Ea	: Fisura Longitudinal
ECN	: Examen complementario Necesario	D	: Falta de penetración	Eb	: Fisura Transversal
Lugar y Fecha de Ejecución		Examinador		Supervisor	

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Procedimiento de ultrasonido

Objetivo

Establecer los requisitos y condiciones necesarias para la examinación de las uniones soldadas a tope.

Alcance

La efectividad de la aplicación de los métodos no destructivos de examinación, está demostrado. Este documento proporciona los lineamientos para la examinación por ultrasonido para las juntas soldadas descritas. Estos lineamientos pueden no ser adecuados en determinadas circunstancias, como acceso a la junta, obstrucción para completar el área de barrido, etc.

Codigos, normas y/o estandares referenciales

- AWS D1.1/D1.1M:2015 Structural Welding Code – Steel.
- AWS B1.10:1999 Guide for the Nondestructive Examination of Welds
Recommended Practice No. SNT-TC-1A.
- ASTM E 164 – 03 Standard Practice for Ultrasonic Contact Examination of
Weldments.

Calificacion y certificacion del personal

El personal estará entrenado, calificado y certificado en los niveles de calificación I, II o III de acuerdo a los lineamientos desarrollados por la Sociedad Americana de Pruebas No Destructivas (ASNT) de la práctica recomendada N° SNT-TC-1A.

Material

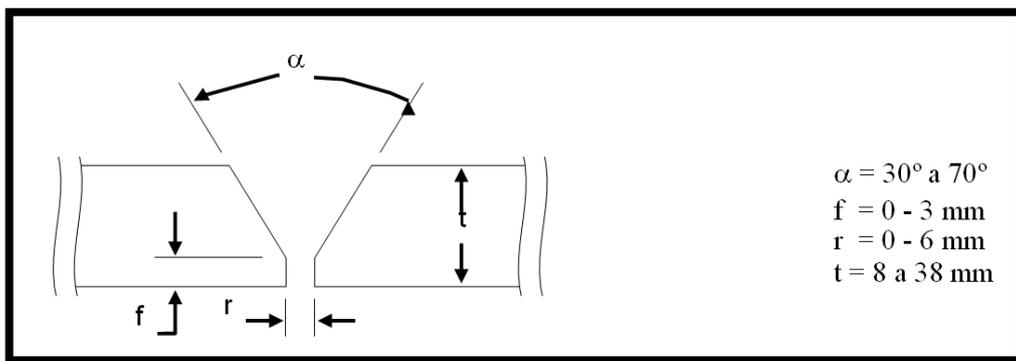
- Material: Acero al carbono y de baja aleación.
- Espesores de material: 8 a 38 mm.

Tipos de juntas soldadas

Las juntas soldadas a inspeccionar son: a tope con simple o doble bisel.

- Juntas a tope con bisel simple

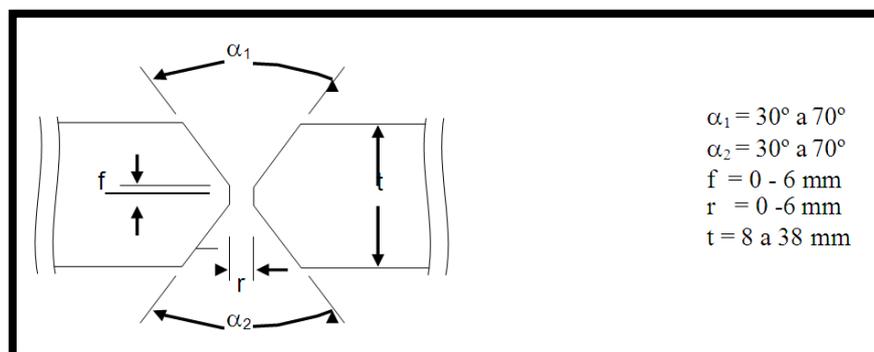
Figura n.º 3.24 Junta a tope



Fuente: Elaboración propia

- Juntas a tope con doble bisel

Figura n.º 3.25 Junta con bisel



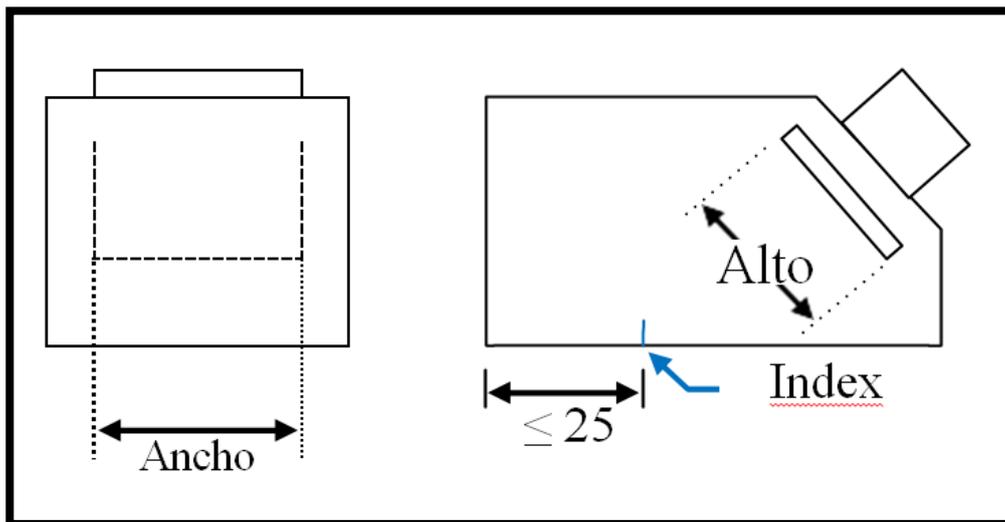
Fuente: Elaboración propia

Equipo

La linealidad horizontal del equipo estará calificada sobre el recorrido completo del sonido a ser usado en la inspección. Una variación de tensión de 15%, o baterías dentro de la vida operativa de carga, no producirá variaciones de respuesta mayores a 1 dB.

Los transductores de incidencia normal, de forma redonda o cuadrada, tendrán un área activa entre 323 a 650 mm². El haz de sonido en el material inspeccionado con un ángulo apropiado de 70°, 60° y/o 45° con una variación permitida de ± 2°.

Figura n. ° 3.26 Cristal Translucido

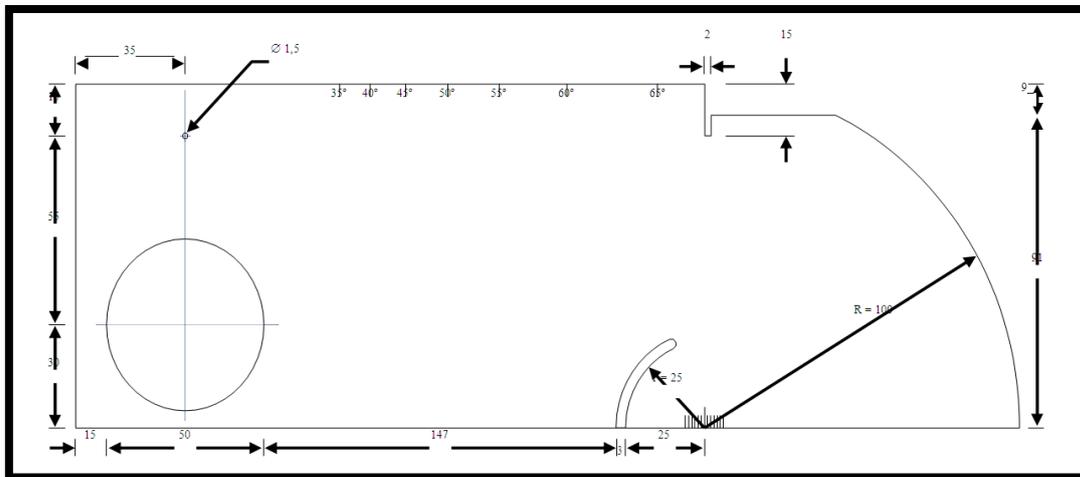


Fuente: Elaboración propia

Bloques de referencia

La calibración de la unidad de ultrasonido, será realizada con el Bloque de referencia del IIW tipo 1, para la linealidad, el punto de salida, ángulo, distancia y sensibilidad.

Figura n. ° 3.27 Bloque de referencia



Fuente: Elaboración propia

Calibración de la unidad de ultrasonido

Calibración para haz normal

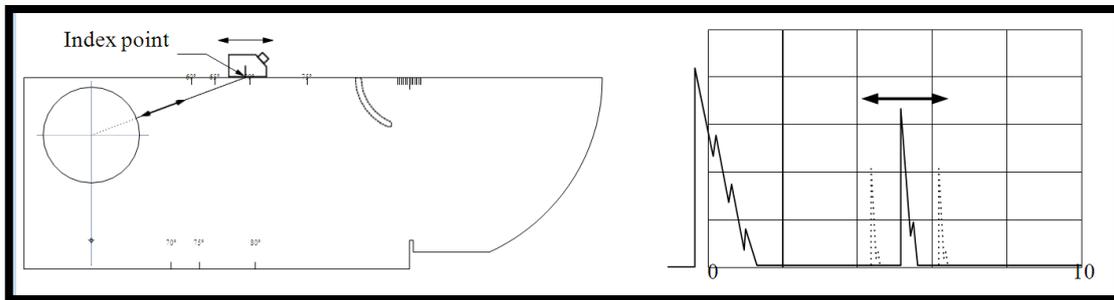
La sensibilidad se ajustará en un lugar libre de las indicaciones de manera que la primera reflexión de fondo de la chapa este entre 50% al 75% del valor máximo de altura. El recorrido se ajustara para que presente el equivalente de al menos dos espesores de la chapa en la pantalla.

Calibración para haz anular

Calibración del ángulo del haz ultrasónico

- Situar el transductor en el Bloque de referencia del IIW tipo 1, en la posición que se muestra en la figura inferior.
- Buscar reflexión de máxima altura procedente del círculo de 50 mm de diámetro. El rayo central del haz pasa por el centro del círculo.
- El verdadero index point indicara en la escala graduada del Bloque.

Figura n.º 3.28 Calibración de bloque de referencia

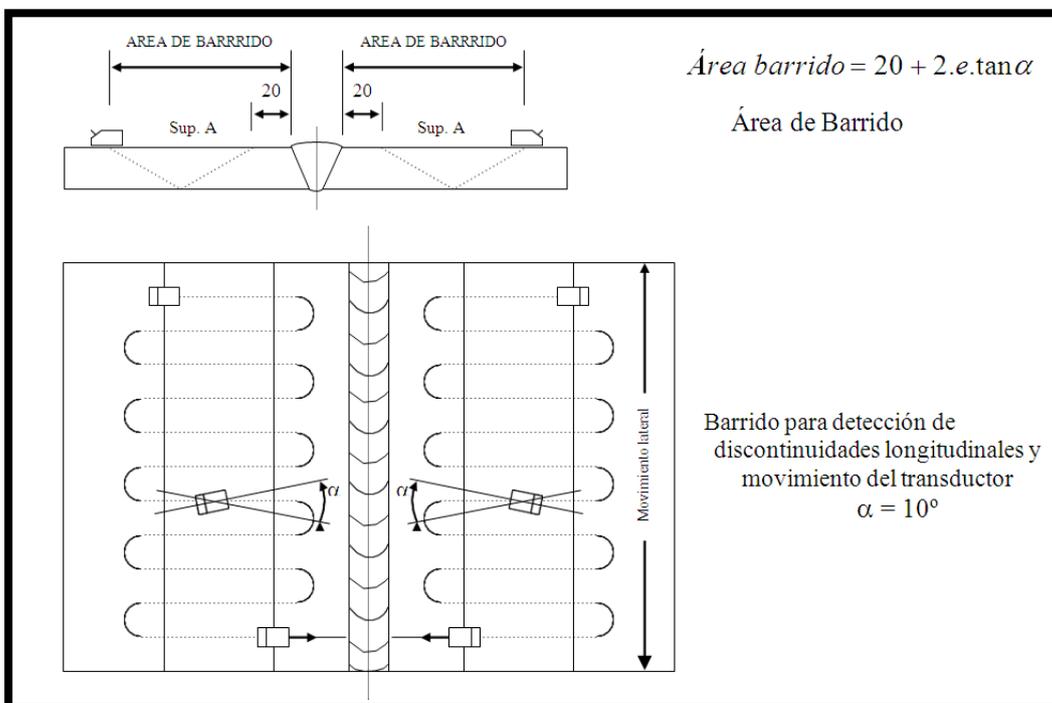


Fuente: Elaboración propia

Técnica de exploración o barrido

El barrido y movimiento del transductor se realizara como se muestra en la figura inferior, y el área de barrido..

Figura n.º 3.29 Formas de barrido con ultrasonido



Fuente: Elaboración propia

Tabla n. ° 3.6 Criterios de aceptación o rechazo por UT carga estatica

Discontinuity Severity Class	Weld Size ^a in in. [mm] and Search Unit Angle										
	5/16 through 3/4 [8–20]	> 3/4 through 1-1/2 [20–38]	> 1-1/2 through 2-1/2 [38–65]			> 2-1/2 through 4 [65–100]			> 4 through 8 [100–200]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Class A	+5 & lower	+2 & lower	-2 & lower	+1 & lower	+3 & lower	-5 & lower	-2 & lower	0 & lower	-7 & lower	-4 & lower	-1 & lower
Class B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Class C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 to +2	+1 +2	+3 +4	-4 to +2	-1 to +2	+2 +3
Class D	+8 & up	+5 & up	+3 & up	+6 & up	+8 & up	+3 & up	+3 & up	+5 & up	+3 & up	+3 & up	+4 & up

^a Weld size in butt joints shall be the nominal thickness of the thinner of the two parts being joined.

Notes:

- Class B and C discontinuities shall be separated by at least 2L, L being the length of the longer discontinuity, except that when two or more such discontinuities are not separated by at least 2L, but the combined length of discontinuities and their separation distance is equal to or less than the maximum allowable length under the provisions of Class B or C, the discontinuity shall be considered a single acceptable discontinuity.
- Class B and C discontinuities shall not begin at a distance less than 2L from weld ends carrying primary tensile stress, L being the discontinuity length.
- Discontinuities detected at “scanning level” in the root face area of CJP double groove weld joints shall be evaluated using an indicating rating 4 dB more sensitive than described in 6.26.6.5 when such welds are designated as “tension welds” on the drawing (subtract 4 dB from the indication rating “d”). This shall not apply if the weld joint is backgouged to sound metal to remove the root face and MT used to verify that the root face has been removed.
- ESW or EGW: Discontinuities detected at “scanning level” which exceed 2 in. [50 mm] in length shall be suspected as being piping porosity and shall be further evaluated with radiography.
- For indications that remain on the display as the search unit is moved, refer to 6.13.1.

Class A (large discontinuities) Any indication in this category shall be rejected (regardless of length).	Scanning Levels	
	Sound path ^b in in. [mm]	Above Zero Reference, dB
Class B (medium discontinuities) Any indication in this category having a length greater than 3/4 in. [20 mm] shall be rejected.	through 2-1/2 [65 mm]	14
	> 2-1/2 through 5 [65–125 mm]	19
Class C (small discontinuities) Any indication in this category having a length greater than 2 in. [50 mm] shall be rejected.	> 5 through 10 [125–250 mm]	29
	> 10 through 15 [250–380 mm]	39
Class D (minor discontinuities) Any indication in this category shall be accepted regardless of length or location in the weld.		

^b This column refers to sound path distance; NOT material thickness.

Fuente: AWS D1.1-2015

Tabla n.º 3.7 Criterios de aceptación o rechazo por ut carga ciclica

Discontinuity Severity Class	Weld Size ^a in in. [mm] and Search Unit Angle										
	5/16 through 3/4 [8–20]	> 3/4 through 1-1/2 [20–38]	> 1-1/2 through 2-1/2 [38–65]			> 2-1/2 through 4 [65–100]			> 4 through 8 [100–200]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Class A	+10 & lower	+8 & lower	+4 & lower	+7 & lower	+9 & lower	+1 & lower	+4 & lower	+6 & lower	-2 & lower	+1 & lower	+3 & lower
Class B	+11	+9	+5 +6	+8 +9	+10 +11	+2 +3	+5 +6	+7 +8	-1 0	+2 +3	+4 +5
Class C	+12	+10	+7 +8	+10 +11	+12 +13	+4 +5	+7 +8	+9 +10	+1 +2	+4 +5	+6 +7
Class D	+13 & up	+11 & up	+9 & up	+12 & up	+14 & up	+6 & up	+9 & up	+11 & up	+3 & up	+6 & up	+8 & up

^a Weld size in butt joints shall be the nominal thickness of the thinner of the two parts being joined.

Notes:

- Class B and C discontinuities shall be separated by at least 2L, L being the length of the longer discontinuity, except that when two or more such discontinuities are not separated by at least 2L, but the combined length of discontinuities and their separation distance is equal to or less than the maximum allowable length under the provisions of Class B or C, the discontinuity shall be considered a single acceptable discontinuity.
- Class B and C discontinuities shall not begin at a distance less than 2L from weld ends carrying primary tensile stress, L being the discontinuity length.
- Discontinuities detected at “scanning level” in the root face area of CJP double groove weld joints shall be evaluated using an indicating rating 4 dB more sensitive than described in 6.26.6.5 when such welds are designated as “tension welds” on the drawing (subtract 4 dB from the indication rating “d”). This shall not apply if the weld joint is backgouged to sound metal to remove the root face and MT used to verify that the root face has been removed.
- For indications that remain on the display as the search unit is moved, refer to 6.13.2.1.

Scanning Levels	
Sound path ^b in in. [mm]	Above Zero Reference, dB
through 2-1/2 [65 mm]	20
> 2-1/2 through 5 [65–125 mm]	25
> 5 through 10 [125–250 mm]	35
> 10 through 15 [250–380 mm]	45

^b This column refers to sound path distance; NOT material thickness.

Class A (large discontinuities)
Any indication in this category shall be rejected (regardless of length).

Class B (medium discontinuities)
Any indication in this category having a length greater than 3/4 in. [20 mm] shall be rejected.

Class C (small discontinuities)
Any indication in this category having a length greater than 2 in. [50 mm] in the middle half or 3/4 in. [20 mm] length in the top or bottom quarter of weld thickness shall be rejected.

Class D (minor discontinuities)
Any indication in this category shall be accepted regardless of length or location in the weld.

Fuente: AWS D1.1-2015

Figura n.º 3.30 Registro de ultrasonido

REPORTE DE INSPECCION CON ULTRASONIDO												FECHA: 31/10/2018				
												REPORTE N° :				
CLIENTE:																
PROYECTO:																
REQUERIDO POR:																
DESCRIPCION DEL ELEMENTO:																
MATERIAL		ESPESOR (mm)		ELEMENTO		SOLDADURA				SOLDADOR:						
						CONDICION DE SUPERFICIE				POSICION:						
% / m Solicitado		CODIGO Y NORMA DE REFERENCIA				CRITERIO DE ACEPTACION				PROCEDIMIENTO						
METODO		ACOPLANTE		EQUIPO		MARCA		SERIE		MODELO						
Contacto																
PALPADOR								DATOS DE CALIBRACION								
TIPO	MARCA	MODELO	DIMENSION		ANGULO	FRECUENCIA (MHz)		BLOQUE	Ø (m m)	Ref. (dB)						
Normal																
Angular																
ELEMENTO INSPECCIONADO:																
LONG INSPECCIONADA:																
CODIGO GENERAL	Nº DE JUNTA	Nº DE INDICACION	ANGULO DE PALPADOR	CARA	PIERNA	NIVEL DE ESCANEADO Db	DECIBELES				DISCONTINUIDAD					EVALUACION
							a	b	c	d	LONGITUD (mm)	RECORRIDO HAZ (mm)	PROFUNDIDAD (mm)	X (mm)	Y (mm)	
EVALUACION: Se inspeccionó el elemento según la norma de referencia no presenta indicaciones relevantes por el código de referencia.																
LEYENDA:																
APROBADO		A		a		Nivel de Indicación		c		Factor de Atenuación		Distancia de		X, Y		
RECHAZADO		R		b		Nivel de Referencia		d		Clasificación de indicación		Junta Examinada		J#		
CLASIFICACION: <input checked="" type="checkbox"/> CONFORME <input type="checkbox"/> NO CONFORME																
LUGAR Y FECHA DE EJECUCION						CLIENTE						EXAMINADOR				

Fuente: Elaboración propia

3.4. Desarrollo del objetivo 3

En los procesos de fabricación de la nave industrial de la Central Hidromanta involucra varias etapas desde la recepción del material, cortes, soldadura, pintura hasta su culminación con las dimensiones y acabados adecuados.

En cada etapa se debe evaluar los materiales recepciones si cumplen con las normas y tolerancias y así no tener inconvenientes de rechazos y no conformidades.

Para determinar la soldabilidad de las planchas y vigas de acero estructural la Norma AWS D1.1-2015 nos enfatiza que los reportes y ensayos de laboratorio deben estar de acuerdo a la norma ASTM A6.

Tabla n. ° 3.8 Composición química del ASTM A572 Gr. 50.

Diameter, Thickness, or Distance Between Parallel Faces, in. [mm] Plates and Bars	Structural Shapes Groups ^B	Grade	Carbon, max, %	Manganese, ^C max, %	Phosphorus, max, %	Sulfur, max, %
6 [150]	all	42 [290]	0.21	1.35 ^E	0.04	0.05
4 [100] ^F	all	50 [345]	0.23	1.35 ^E	0.04	0.05
2 [50]	all	55 [380]	0.25	1.35 ^E	0.04	0.05
1¼ [32] ^G	1,2,3	60 [415]	0.26	1.35 ^E	0.04	0.05
>½ – 1¼ [13–32]	2,3	65 [450]	0.23	1.65	0.04	0.05
≤½ [13] ^I	1 ^I	65 [450]	0.26	1.35	0.04	0.05

Fuente: ASTM A572

La composición química de la viga W 12x26# está dentro del rango de porcentajes permitidos para el material ASTM A572 Gr. 50.

Tabla n. ° 3.9 Composición química según certificado de calidad de viga W12x26#.

C	Mn	Si	P	S	V	Cr
0,093	0,730	0,220	0,021	0,017	0,043	0,170
Ni	Mo	Cu	Nb	Sn	Al	
0,200	0,043	0,400	0,003	0,025	0,003	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n. ° 3.10 Requerimientos de esfuerzos.

Grade	Yield Point, min		Tensile Strength, min		Minimum Elongation, % ^{B,C,D}	
	ksi	[MPa]	ksi	[MPa]	in 8 in. [200 mm]	in 2 in. [50 mm]
42 [290]	42	[290]	60	[415]	20	24
50 [345]	50	[345]	65	[450]	18	21
55 [380]	55	[380]	70	[485]	17	20
60 [415]	60	[415]	75	[520]	16	18
65 [450]	65	[450]	80	[550]	15	17

Fuente: ASTM A572.

Del certificado de calidad de la viga W 12x26# tenemos:

Tabla n. ° 3.11 Resistencia a la tracción y fluencia de viga laminada.

Resistencia a la tracción	Resistencia a la fluencia	%
Mpa	Mpa	Lo = 8%
409	526	23,2

Fuente: Elaboración propia.

Para pruebas de tracción la norma ASTM A6 nos direcciona a la norma ASTM A370.

El proceso de soldadura es vital en la fabricación de la nave industrial de Hidromanta, una mala unión puede producir fisuras y estas producir el colapso de una estructura por el fenómeno de cristalización en la estructura granular. Al momento de soldar se debe tener especial cuidado con el hidrógeno que tiende a fragilizar la estructura metálica. La Norma AWS D1.1 2015 de la American Welding Society, para esto usaremos el método del control de dureza de hidrógeno. Como primer paso debemos verificar la composición química del material base, para nuestro caso es la viga W 12x26#, según el certificado de calidad en el anexo 2 tenemos la siguiente composición química:

Tabla n. ° 3.12 Composición química de la viga laminada.

C	Mn	Si	P	S	V	Cr
0,093	0,730	0,220	0,021	0,017	0,043	0,170
Ni	Mo	Cu	Nb	Sn	Al	
0,200	0,043	0,400	0,003	0,025	0,003	

Fuente: Elaboración propia.

Según el método de dureza de hidrógeno como siguiente paso debemos aplicar la fórmula del carbono equivalente (CE).

$$CE = C + \left(\frac{Mn + Si}{6}\right) + \left(\frac{Cr + Mo + V}{5}\right) + \left(\frac{Ni + Cu}{15}\right)$$

Tabla n. ° 3.13 Composición química para calcular la dureza de hidrógeno.

C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Cu
0,093	0,730	0,220	0,170	0,043	0,043	0,200	0,400

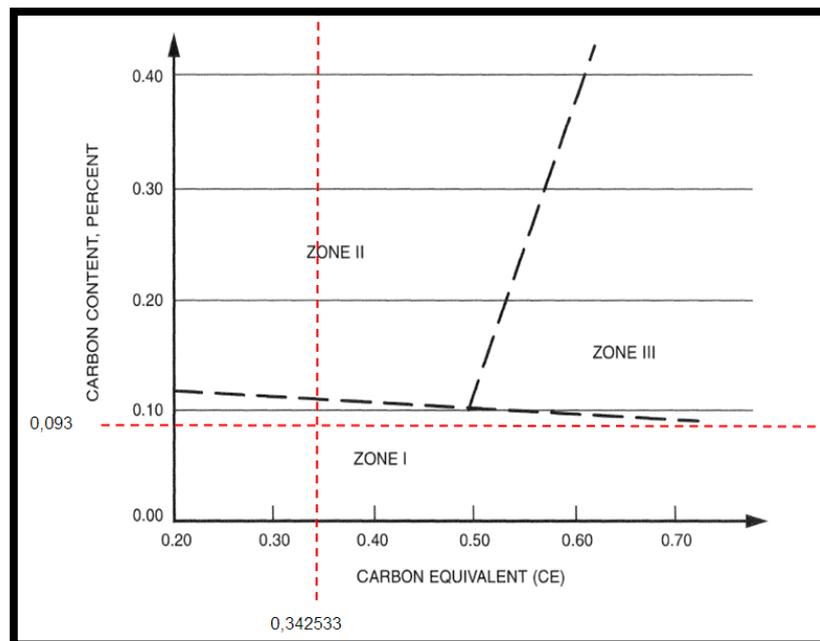
Fuente: Elaboración propia.

$$CE = 0.093 + \left(\frac{0.730 + 0.220}{6}\right) + \left(\frac{0.170 + 0.043 + 0.043}{5}\right) + \left(\frac{0.200 + 0.400}{15}\right)$$

$$CE = 0.342533333$$

Con los resultados del CE y el contenido de carbono en la figura inferior de la zona de clasificación de aceros obtenemos que se intersectan en la zona I.

Figura n. ° 3.31 Diagrama de zona de fragilidad por el hidrógeno.



Fuente: Elaboración propia

Los aceros de la zona I son de bajo hidrógeno, la fisuración es improbable pero puede ocurrir a altas temperaturas algunas fisuras y grietas. Para los aceros que poseen el hidrógeno muy bajo su $H1 = 5$. A continuación calcularemos el valor del parámetro de composición P_{cm} e índice de susceptibilidad.

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

$$P_{cm} = 0.093 + \frac{0.220}{30} + \frac{0.730}{20} + \frac{0.400}{20} + \frac{0.200}{60} + \frac{0.170}{20} + \frac{0.043}{15} + \frac{0.043}{10} + 5(0)$$

$$P_{cm} = 0.17583333$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 12P_{cm} + \log_{10} H$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 12 * 0.175833 + \log_{10} 5$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 2.80897$$

Tabla n. ° 3.14 Índice de susceptibilidad.

Hydrogen Level, H	Susceptibility Index ^b Grouping ^c				
	Carbon Equivalent = P_{cm}^a				
	< 0.18	< 0.23	< 0.28	< 0.33	< 0.38
H1	A	B	C	D	E
H2	B	C	D	E	F
H3	C	D	E	F	G

Fuente: AWS D1.1-2015

Tabla n.º 3.15 Dimensiones de la viga laminada.

Desig- nation	Area A in. ²	Depth d in.		Web			Flange			Distance			
				Thickness t _w in.		t _w 2 in.	Width b _f in.		Thickness t _f in.	T	k	k ₁	
W12x336*	98.8	16.82	16 ⁷ / ₈	1.775	1 ³ / ₄	7 ⁷ / ₈	13.385	13 ³ / ₈	2.955	2 ¹⁵ / ₁₆	9 ¹ / ₂	3 ¹¹ / ₁₆	1 ¹ / ₂
x305*	89.6	16.32	16 ³ / ₈	1.625	1 ⁵ / ₈	1 ³ / ₁₆	13.235	13 ¹ / ₄	2.705	2 ¹¹ / ₁₆	9 ¹ / ₂	3 ⁷ / ₁₆	1 ⁷ / ₁₆
x279*	81.9	15.85	15 ⁷ / ₈	1.530	1 ¹ / ₂	3 ⁴ / ₈	13.140	13 ³ / ₈	2.470	2 ¹ / ₂	9 ¹ / ₂	3 ³ / ₁₆	1 ³ / ₈
x252*	74.1	15.41	15 ³ / ₈	1.395	1 ³ / ₈	1 ¹ / ₁₆	13.005	13	2.250	2 ¹ / ₄	9 ¹ / ₂	2 ¹⁵ / ₁₆	1 ⁵ / ₁₆
x230*	67.7	15.05	15	1.285	1 ⁵ / ₁₆	1 ¹ / ₁₆	12.895	12 ⁷ / ₈	2.070	2 ¹ / ₁₆	9 ¹ / ₂	2 ³ / ₄	1 ¹ / ₄
x210*	61.8	14.71	14 ³ / ₄	1.180	1 ³ / ₁₆	5 ⁵ / ₈	12.790	12 ³ / ₄	1.900	1 ⁷ / ₈	9 ¹ / ₂	2 ⁵ / ₈	1 ¹ / ₄
x190	55.8	14.38	14 ³ / ₈	1.060	1 ¹ / ₁₆	9 ¹ / ₁₆	12.670	12 ⁵ / ₈	1.735	1 ³ / ₄	9 ¹ / ₂	2 ⁷ / ₁₆	1 ³ / ₁₆
x170	50.0	14.03	14	0.960	1 ⁵ / ₁₆	1 ¹ / ₂	12.570	12 ⁵ / ₈	1.560	1 ⁹ / ₁₆	9 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	1 ¹ / ₈
x152	44.7	13.71	13 ³ / ₄	0.870	7 ⁷ / ₈	7 ¹ / ₁₆	12.480	12 ¹ / ₂	1.400	1 ³ / ₈	9 ¹ / ₂	2 ¹ / ₈	1 ¹ / ₁₆
x136	39.9	13.41	13 ³ / ₈	0.790	1 ³ / ₁₆	7 ¹ / ₁₆	12.400	12 ³ / ₈	1.250	1 ¹ / ₄	9 ¹ / ₂	1 ¹⁵ / ₁₆	1
x120	35.3	13.12	13 ¹ / ₈	0.710	1 ¹ / ₁₆	3 ³ / ₈	12.320	12 ³ / ₈	1.105	1 ¹ / ₈	9 ¹ / ₂	1 ¹³ / ₁₆	1
x106	31.2	12.89	12 ⁷ / ₈	0.610	5 ⁵ / ₈	5 ¹ / ₁₆	12.220	12 ¹ / ₄	0.990	1	9 ¹ / ₂	1 ¹¹ / ₁₆	1 ⁵ / ₁₆
x96	28.2	12.71	12 ³ / ₄	0.550	9 ⁹ / ₁₆	5 ¹ / ₁₆	12.160	12 ¹ / ₈	0.900	7 ⁷ / ₈	9 ¹ / ₂	1 ⁵ / ₈	7 ⁷ / ₈
x87	25.6	12.53	12 ¹ / ₂	0.515	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	12.125	12 ¹ / ₈	0.810	1 ³ / ₁₆	9 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	7 ⁷ / ₈
x79	23.2	12.38	12 ³ / ₈	0.470	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	12.080	12 ¹ / ₈	0.735	3 ³ / ₄	9 ¹ / ₂	1 ⁷ / ₁₆	7 ⁷ / ₈
x72	21.1	12.25	12 ¹ / ₄	0.430	7 ⁷ / ₁₆	1 ¹ / ₄	12.040	12	0.670	1 ¹ / ₁₆	9 ¹ / ₂	1 ³ / ₈	7 ⁷ / ₈
x65	19.1	12.12	12 ¹ / ₈	0.390	3 ³ / ₈	3 ¹ / ₁₆	12.000	12	0.605	5 ⁵ / ₈	9 ¹ / ₂	1 ⁵ / ₁₆	1 ³ / ₁₆
W12x58	17.0	12.19	12 ¹ / ₄	0.360	3 ³ / ₈	3 ¹ / ₁₆	10.010	10	0.640	5 ⁵ / ₈	9 ¹ / ₂	1 ³ / ₈	1 ³ / ₁₆
x53	15.6	12.06	12	0.345	3 ³ / ₈	3 ¹ / ₁₆	9.995	10	0.575	9 ⁹ / ₁₆	9 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ³ / ₁₆
W12x50	14.7	12.19	12 ¹ / ₄	0.370	3 ³ / ₈	3 ¹ / ₁₆	8.080	8 ¹ / ₈	0.640	5 ⁵ / ₈	9 ¹ / ₂	1 ³ / ₈	1 ³ / ₁₆
x45	13.2	12.06	12	0.335	5 ⁵ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆	8.045	8	0.575	9 ⁹ / ₁₆	9 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ³ / ₁₆
x40	11.8	11.94	12	0.295	5 ⁵ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆	8.005	8	0.515	1 ¹ / ₂	9 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	3 ³ / ₄
W12x35	10.3	12.50	12 ¹ / ₂	0.300	5 ⁵ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆	6.560	6 ¹ / ₂	0.520	1 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂	1	9 ⁹ / ₁₆
x30	8.79	12.34	12 ³ / ₈	0.260	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₈	6.520	6 ¹ / ₂	0.440	7 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂	1 ¹⁵ / ₁₆	1 ¹ / ₂
x26	7.65	12.22	12 ¹ / ₄	0.230	3 ³ / ₄	9 ⁹ / ₁₆	6.490	6 ¹ / ₂	0.380	9 ⁹ / ₁₆	10 ¹ / ₂	7 ⁷ / ₈	1 ¹ / ₂

Fuente: Manual of Steel Construction.

El espesor de la viga W12x26# es de 3/8", con este dato en la tabla inferior encontramos la temperatura entre pases y mínimo precalentamiento del acero estructural.

Tabla n.º 3.16 Mínima temperatura de precalentamiento.

Minimum Preheat and Interpass Temperature (°F) ^b								
Restraint Level	Thickness ^a in.	Susceptibility Index Grouping						
		A	B	C	D	E	F	G
	< 3/8	< 65	< 65	< 65	< 65	140	280	300
	3/8–3/4 incl.	< 65	< 65	65	140	210	280	300
Low	> 3/4–1-1/2 incl.	< 65	< 65	65	175	230	280	300
	> 1-1/2–3 incl.	65	65	100	200	250	280	300
	> 3	65	65	100	200	250	280	300

Fuente: AWS D1.1-2015

En la tabla obtenemos $65\text{ }^{\circ}\text{F} = 18.33\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla n. ° 3.17 Temperatura de precalentamiento.

CATEGORIA	TEMPERATURA MÍNIMA DE PRECALENTAMIENTO E INTERPASE PRECALIFICADA			
	ESPECIFICACIÓN DEL ACERO	PROCESO DE SOLDADURA	ESPAESOR DE LA PARTE MAS GRUESA EN EL PUNTO DE SOLDADURA	TEMPERATURA MÍNIMA DE PRECALENTAMIENTO E INTERPASE
A	ASTMA36 ASTM A53 Grado B ASTM A500 Grado A ASTM A500 Grado B ASTM A501 ASTM A529 ASTM A570 Grado 40 ASTM A570 Grado 45 ASTM A570 Grado 50 ASTM A709 Grado 36	SMAW con electrodos distintos a los de bajo hidrógeno	3 a 20 mm	Nada
			Sobre 20 a 40 mm	66°C
			Sobre 40 a 65 mm	107°C
			Sobre 65 mm	150°C
B	Todos los de la Categoría A más: ASTM A572 Grado 42 ASTM A572 Grado 50 ASTM A606 ASTM A607 Grado 45 ASTM A607 Grado 50 ASTM A607 Grado 55 ASTM A618 Grado Ib, II, III ASTM A709 Grado 50 ASTM A709 Grado 50W	SMAW con electrodo de bajo hidrógeno, SAW, GMAW, FCAW	3 a 20 mm	Nada
			Sobre 20 a 40 mm	10°C
			Sobre 40 a 65 mm	66°C
			Sobre 65 mm	107°C
C	ASTMA572 Grado 60 ASTMA572 Grado 65	SMAW con electrodo de bajo hidrógeno, SAW, GMAW, FCAW	3 a 20 mm	10°C
			20 a 40 mm	66°C
			40 a 65 mm	107°C
			sobre 65 mm	150°C

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.090.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. RESULTADO DEL OBJETIVO 1

Se logró determinar los controles de Calidad mediante un Plan de Puntos de Inspección (PPI), desglosando en cada ítem que control específico aplica en la soldadura, desde la recepción de la materia prima, pruebas mecánicas de laboratorio para calificar el procedimiento de soldadura, calificación de soldadores, ensayos no destructivos y criterios de aceptación a tomar en cuenta para su aprobación según el código internación AWS D1.1-2015.

4.2. RESULTADO DEL OBJETIVO 2

Se logró establecer los instructivos de control de calidad para el proceso de soldadura de acuerdo al código AWS D1.1-2015 que serán guías en la elaboración de procedimientos de:

- Plan de control de calidad de soldadura de estructuras de acero.
- Criterios de aceptación del proceso de soldadura para los Ensayos no Destructivos de: inspección visual, partículas magnéticas y ultrasonido.
- Criterios de inspección del proceso de soldadura para los Ensayos no Destructivos de: inspección visual, partículas magnéticas y ultrasonido.

4.3. RESULTADO DEL OBJETIVO 3

Se logró determinar que el elemento estructural ASTM A572 GR. 50 es soldable porque no presenta mucha influencia del hidrogeno, y así nos garantiza que no se presentara fisuras durante el proceso de soldadura de la nave industrial de Hidromanta.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

1. Concluyo que todo tipo de fabricación del ámbito de la construcción civil debe contar con un sistema de control de calidad, ya sea para el concreto armado o soldadura, porque con un sistema así evidenciamos el proceso adecuadamente y podemos corregir los defectos que se presenten en el proceso de fabricación de un elemento estructural.
2. Concluyo que establecer procedimientos de control de calidad nos facilita en el entendimiento de las normas u códigos para establecer un trabajo correcto en los procesos de soldadura, que muchas veces por el idioma o la escases de información no es muy factible el entendimiento de las mismas o la interpretación errónea por falta de experiencia.
3. Concluyo que establecer los instructivos de control de calidad ayudan a la comprensión de los distintos ensayos no destructivos que existen en nuestro medio, la complejidad de los mismos se ve más reducida cuando interpretamos adecuadamente los parámetros de tolerancias que nos indican las normas u códigos de soldadura.
4. Concluyo que a todo material estructural se debe evaluar la soldabilidad para evitar riesgos de fisuras en el proceso de soldadura y en caso no contemos con el certificado de material se puede optar por ensayos metalográficos en laboratorios acreditados en nuestro país.

RECOMENDACIONES

1. Planificar los NDT y homologaciones con anticipación y así cumplir en el plazo de tiempo establecido en los proyectos para evitar contratiempos en las aprobaciones por parte de la supervisión que ejecute un determinado proyecto.
2. Establecer un plan de calidad que detalle cada etapa del proceso de soldadura a ejecutar en toda la empresa, que garantice el correcto proceso de soldadura a realizar por el personal.
3. Controlar y gestionar de manera continua los procesos constructivos mediante el uso de formatos denominados protocolos de calidad de soldadura, para evidenciar los procesos constructivos del control de calidad de la soldadura.

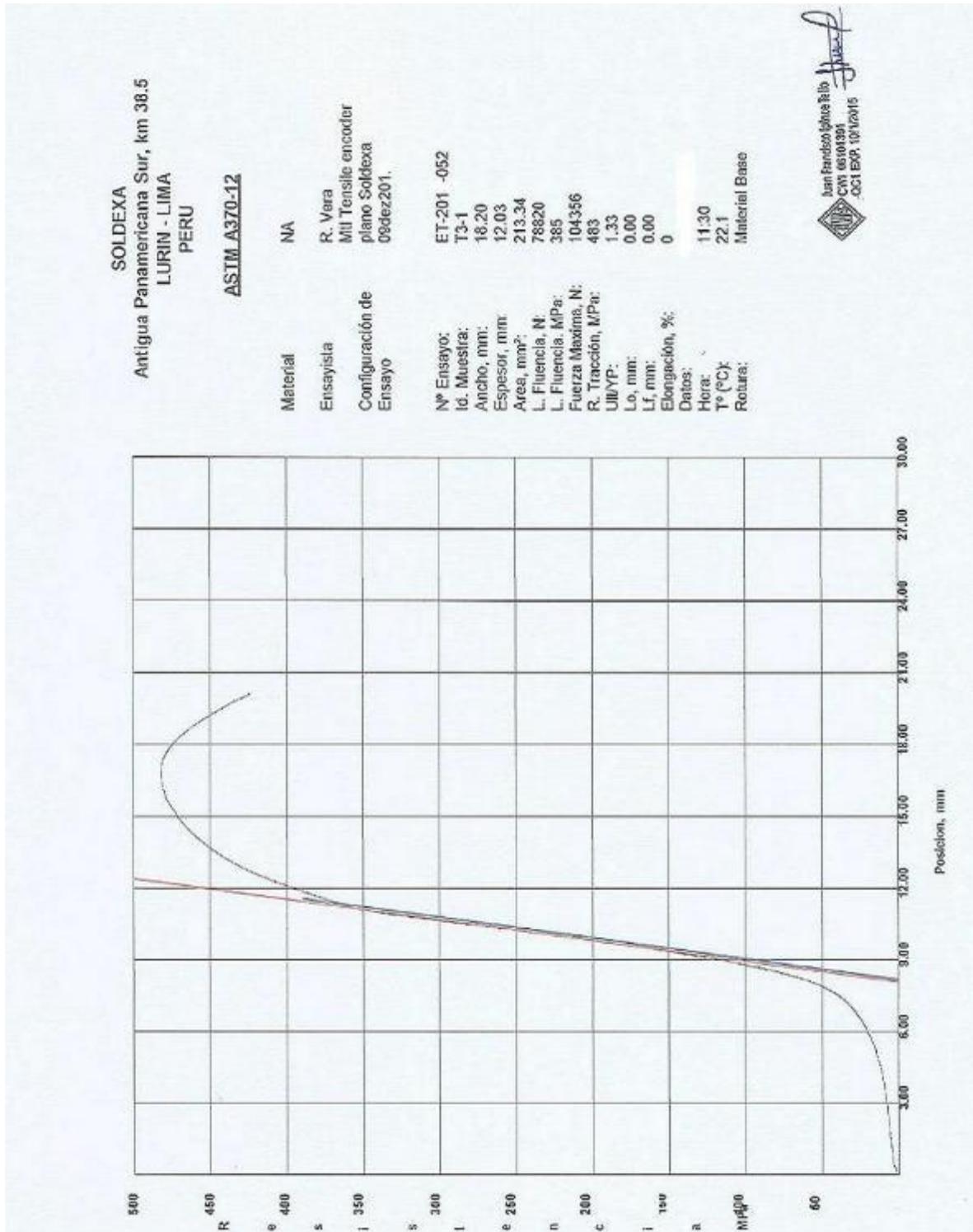
REFERENCIAS

- Goñi Vega, D.H. & Cáceres Calle, J.R. (2018) Comparativo técnico-económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y pórticos. Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/10193>
- Moises Valentin, R P (2015) Inspección y control de calidad en conexiones soldadas de los miembros estructurales de acero del edificio Piamonte. Recuperado de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4884>
- Daniel Alex, C V (2011) Desarrollo de procedimientos de soldadura, calificación de soldadores y control de calidad en cada etapa de la soldadura. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3520>
- Christian Miguel, V G (2009) Implementación de un sistema de inspección de control de calidad de soldadura en estructura metálica con el uso de ensayos no destructivos. Recuperado de: <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/321>
- Structural welding code steel AWS D1.1-2015. Recuperado de: https://pubs.aws.org/Download_PDFS/D1.1-D1.1M-2015-PV.pdf
- Reglamento Nacional de Edificaciones E.090. (2006). Recuperado de: <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>
- Carlos Fonseca (2007) Introducción a la metalurgia de la soldadura. Facultad de ciencias y ingeniería, Pontificia Universidad Católica.

ANEXOS

Anexos 1. Grafica de deformación – rotura de probeta	120
Anexos 2. Reporte de líquido penetrante.....	121
Anexos 3. Reporte de macrografía.....	125
Anexos 4. Diagrama de Ichikawa de aumentos de tiempos	128
Anexos 5. Reporte de inspección por ultrasonido.....	129
Anexos 6. Formato de registro de materiales	131
Anexos 7. Formato de registro de control dimensional.....	132
Anexos 8. Formato de registro de inspección visual.....	133
Anexos 9. Certificación de máquina de soldar	134
Anexos 10. Calibración de máquina de soldar – inversor	135
Anexos 11. Homologación de soldador.....	136
Anexos 12. Ensayos de calificación del soldador	137
Anexos 13. Registro de laboratorio - soldadura a filete	139

Anexos 1. Grafica de deformación – rotura de probeta



Anexos 2. Reporte de líquido penetrante

				REPORTE DE ENSAYO POR LÍQUIDO PENETRANTE LIQUID PENETRANT EXAMINATION REPORT					
Nº.: 1350-10-18		HOJA: 01 / 02		Sheet					
REGISTRO DE CALIDAD – QUALITY RECORD									
PROCEDIMIENTO: FYCO-PT 001-18 CLIENTE/OBRA: COBRA / NAVE HIDRO MANTA EQUIPAMIENTO: COLUMNAS CANT. PIEZAS EXAMINADAS: 8 PLANO: N/A MATERIAL: ACERO AL CARBONO ASTM A572-GR.50 / ASTM A36				REVISION: 01 L.P. SOLICITADO 25% REVISIÓN: 01 FASE: Final					
<input type="checkbox"/> ANTES DE Tº Tº <input type="checkbox"/> DESPUES Tº Tº <input checked="" type="checkbox"/> SIN Tº Tº <input checked="" type="checkbox"/> JUNTAS SOLDADAS <input type="checkbox"/> FUNDIDOS <input type="checkbox"/> FORJADOS <input type="checkbox"/> LAMINADOS <input type="checkbox"/> CHAFLANES									
PRODUCTOS UTILIZADOS – Utilized Products									
FABRICANTE		LAVABLE AL AGUA		REMOVIBLE CON SOLVENTE		REVELADOR REF.			
METAL CHECK		VP-30		VP-31		D-70			
MAGNAFLUX		SKL – WP2		SKL – SP2		SKD – S2			
CANTESCO									
CONDICIONES DEL ENSAYO – Testing Conditions									
ESTADO DE SUPERFICIE		TEMPERATURA DE LA PIEZA		LIMPIEZA		APLICACION DEL PENETRANTE			
<input type="checkbox"/> ESMERILADO <input checked="" type="checkbox"/> ESCOBILLADO <input type="checkbox"/> MAQUINADO <input type="checkbox"/> GRANALLADO		20 °C		<input type="checkbox"/> THINER <input checked="" type="checkbox"/> Diluyente ecológico biogenerador		<input checked="" type="checkbox"/> NATURAL <input type="checkbox"/> AIRE FORZADO TIEMPO 5 Min			
<input type="checkbox"/> AGUA <input checked="" type="checkbox"/> THINER TIEMPO DE SECADO		<input checked="" type="checkbox"/> PULVERIZACION <input type="checkbox"/> SPRAY		ILUMINACION UTILIZADA <input type="checkbox"/> ULTRA-VIOLETA <input type="checkbox"/> ARTIFICIAL <input checked="" type="checkbox"/> NATURAL		TIEMPO 7 A to 20 Min. CROQUIS ANEXO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
DISCONTINUIDADES – Discontinuities									
Nº	TIPO	POSICION	DIMENSION	DECISION	Nº	TIPO	POSICION	DIMENSION	DECISION
---	---	-----	-----	-----	---	---	-----	-----	---
LEYENDA / Legend FL – FISURA LONGITUDINAL – Longitudinal Crack FT – FISURA TRANSVERSAL – Transversal Crack PO – POROSIDAD – Porosity MO – MORDEDURA – Undercut – SO – SOBREPONICION – Overlap FF – FALTA DE FUSION – Lack of Fusion A – ACEPTABLE – Acceptable – R – REPARAR – Repair.									
NORMA DE REFERENCIA/CODIGO: AWS D1.1 : 2015 ULTIMA VERSION OBSERVACIONES Remark.: Se inspecciono el cordón de soldadura al 25% de las Columnas (JUNTA) J1 / J2 / J3; concluyendo que no presenta discontinuidades relevantes según la norma correspondiente. Se adjunta imagen de la prueba realizada.									
CONCLUSION / Conclusion: <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO/Approved <input type="checkbox"/> RECHAZADO/Rejected LIMA, 17 DE OCTUBRE DEL 2018									
INSPECTOR DEL CLIENTE				INSPECTOR Y RESPONSABLE					

<p>NDT PT</p> <p>FyCo SRL FABRICANTES Y CONSTRUCTORES</p> 	<p>REPORTE FOTOGRAFICO</p>	<p>CLIENTE: REMICSA</p>	
		<p>REPORTE N°:</p>	<p>N°.: 1350-10-18</p>
		<p>HOJA: Sheet</p>	<p>02 / 02</p>
		<p>FECHA</p>	<p>17-10-2018</p>

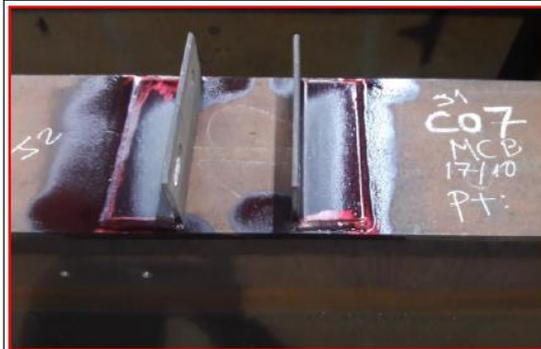


IMAGEN N° 1: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta



IMAGEN N° 2: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta



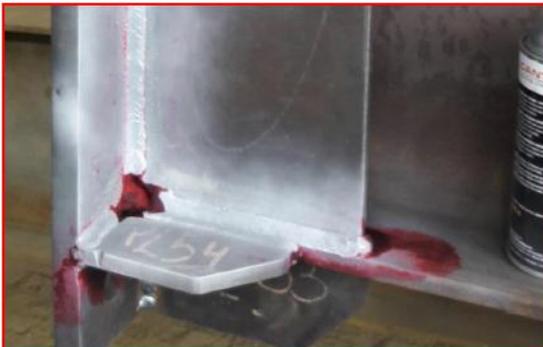
IMAGEN N° 3: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta



IMAGEN N° 4: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta

					REPORTE DE ENSAYO POR LÍQUIDO PENETRANTE LIQUID PENETRANT EXAMINATION REPORT				
					Nº.: 1351-10-18		HOJA: 01 / 02 <small>Sheet</small>		
REGISTRO DE CALIDAD – QUALITY RECORD									
PROCEDIMIENTO.: FYCO-PT 001-18 <small>Procedure</small> CLIENTE/OBRA.: COBRA / NAVE HIDRO MANTA <small>Client / Project</small> EQUIPAMIENTO.: COLUMNAS <small>Equipment</small> CANT. PIEZAS EXAMINADAS.: 8 <small>Quantity of Examined Pieces</small> PLANO.: N/A <small>Drawing</small> MATERIAL.: ACERO AL CARBONO ASTM A572-GR.50 / ASTM A36 <small>Material</small>					REVISION: 01 <small>Review</small> L.P. SOLICITADO 25% <small>P.T. Required</small> REVISIÓN: 01 <small>Rev.</small> FASE: Final				
<input type="checkbox"/> ANTES DE T°.T° <small>Before Heat Treatment</small>			<input type="checkbox"/> DESPUES T°.T° <small>After Heat Treatment</small>			<input checked="" type="checkbox"/> SIN T°.T° <small>Without Heat Treatment</small>			
<input checked="" type="checkbox"/> JUNTAS SOLDADAS <small>Welded Joints</small>		<input type="checkbox"/> FUNDIDOS <small>Castings</small>		<input type="checkbox"/> FORJADOS <small>Forgings</small>		<input type="checkbox"/> LAMINADOS <small>Rolled</small>		<input type="checkbox"/> CHAFLANES <small>Groove</small>	
PRODUCTOS UTILIZADOS – Utilized Products									
FABRICANTE <small>Manufacturer</small>		<input checked="" type="checkbox"/> LAVABLE AL AGUA <small>Water Washable</small>			<input checked="" type="checkbox"/> REMOVIBLE CON SOLVENTE <small>Solvent Removable</small>			REVELADOR REF. <small>Developer Ref.</small>	
		PENETRANTE REF. <small>Penetrant Ref.</small>			PENETRANTE REF. <small>Penetrant Ref.</small>				
METAL CHECK <input type="checkbox"/> MAGNAFLUX <input type="checkbox"/> CANTESCO <input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> VP-30 <input type="checkbox"/> SKL – WP2			<input type="checkbox"/> VP-31 <input type="checkbox"/> SKL – SP2			<input type="checkbox"/> D-70 <input type="checkbox"/> SKD – S2	
CONDICIONES DEL ENSAYO – Testing Conditions									
ESTADO DE SUPERFICIE <small>Surface Condition</small>		TEMPERATURA DE LA PIEZA <small>Part Temperature</small>		LIMPIEZA <small>Cleaning</small>		SECADO <small>Drying</small>		APLICACION DEL PENETRANTE <small>Penetrant Application</small>	
<input type="checkbox"/> ESMERILADO <small>Grinded</small> <input checked="" type="checkbox"/> ESCOBILLADO <small>Brushed</small> <input type="checkbox"/> MAQUINADO <small>Machined</small> <input type="checkbox"/> GRANALLADO <small>Blasting</small> <input type="checkbox"/>		20 °C		<input type="checkbox"/> THINER <input checked="" type="checkbox"/> Diluyente ecologico biogenerador		<input checked="" type="checkbox"/> NATURAL <small>Natural</small> <input type="checkbox"/> AIRE FORZADO <small>Forced air</small> TIEMPO <small>Time</small> 5 Min		<input checked="" type="checkbox"/> PULVERIZACION <small>Spray</small> <input type="checkbox"/> PINCEL <small>Brush</small> <input type="checkbox"/> INMERSION <small>Immersion</small> TIEMPO DE PENETRACION <small>Penetration Time</small> 10 Min	
REMOCION DEL EXCESO <small>Excess Removal</small>		APLIC. DEL REVELADOR <small>Developer Application</small>		EVALUACION <small>Evaluation</small>			CROQUIS ANEXO <small>Sketch Annexed</small>		
<input type="checkbox"/> AGUA <small>Water</small> <input checked="" type="checkbox"/> THINER <input type="checkbox"/> TIEMPO DE SECADO <small>Drying Time</small>		<input checked="" type="checkbox"/> PULVERIZACION <small>Spray</small> <input type="checkbox"/>		ILUMINACION UTILIZADA <small>Illumination Used</small>		TIEMPO <small>Time</small>			
				<input type="checkbox"/> ULTRA-VIOLETA <small>Ultra-Violet</small> <input type="checkbox"/> ARTIFICIAL <small>Artificial</small> <input checked="" type="checkbox"/> NATURAL <small>Natural</small>		7 A to 20 Min. Min.		<input checked="" type="checkbox"/> SI <small>Yes</small> <input type="checkbox"/> NO <small>No</small>	
DISCONTINUIDADES – Discontinuities									
Nº	TIPO Type	POSICION Position (mm)	DIMENSION Dimension (mm)	DECISION Decision	Nº	TIPO Type	POSICION Position (mm)	DIMENSION Dimension (mm)	DECISION Decision
--	--	-----	-----	-----	--	--	-----	-----	--
LEYENDA / Legend FL – FISURA LONGITUDINAL – Longitudinal Crack FT – FISURA TRANSVERSAL – Transversal Crack PO – POROSIDAD – Porosity MO – MORDEDURA – Undercut – SO – SOBREPONICION – Overlap FF – FALTA DE FUSION – Lack of Fusion A – ACEPTABLE – Acceptable – R – REPARAR – Repair.									
NORMA DE REFERENCIA/CODIGO: AWS D1.1 : 2015 ULTIMA VERSION <small>Acceptance criteria in Accordance With:</small>									
OBSERVACIONES Remark.:: Se inspecciono el cordón de soldadura al 25% de las Columnas (JUNTA) CO; concluyendo que no presenta discontinuidades relevantes según la norma correspondiente. Se adjunta imagen de la prueba realizada.									
CONCLUSION / Conclusion: <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO/Approved <input type="checkbox"/> RECHAZADO/Rejected					LIMA, 17 DE OCTUBRE DEL 2018				
_____ INSPECTOR DEL CLIENTE <small>Client Inspector</small>					_____ INSPECTOR Y RESPONSABLE				

	REPORTE FOTOGRAFICO	CLIENTE: REMICSA	
		REPORTE N°:	N°.: 1351-10-18
		HOJA: Sheet	02 / 02
		FECHA	: 17-10-2018

	
IMAGEN N° 1: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta	IMAGEN N° 2: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta
	
IMAGEN N° 3: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta	IMAGEN N° 4: Nos muestra la aplicación del tinte en la junta

Anexos 3. Reporte de macrografía

	Report of Macroetch Test (MaT) Reporte de Ensayo de Macroataque (MaT)	Code: Código:	FO.GYN-017
		Revision: Revisión:	00
		Date: Fecha:	06/01/2014
		Page: Página:	1 of 3

INFORME TECNICO N°:INF.GYN-2658-18

ANALISIS POR MACROGRAFIA A PROBETAS

Customer: **FABRICANTES Y CONSTRUCTORES S.R.L.**
 Cliente:
 Attention: Ing. David Alberto H. Lima
 Atención:
 Project: Probeta de Soldador
 Proyecto:
 Test Date: Lima, 15 de Mayo del 2018
 Fecha de ensayo:

LIMA-PERU -2018 -

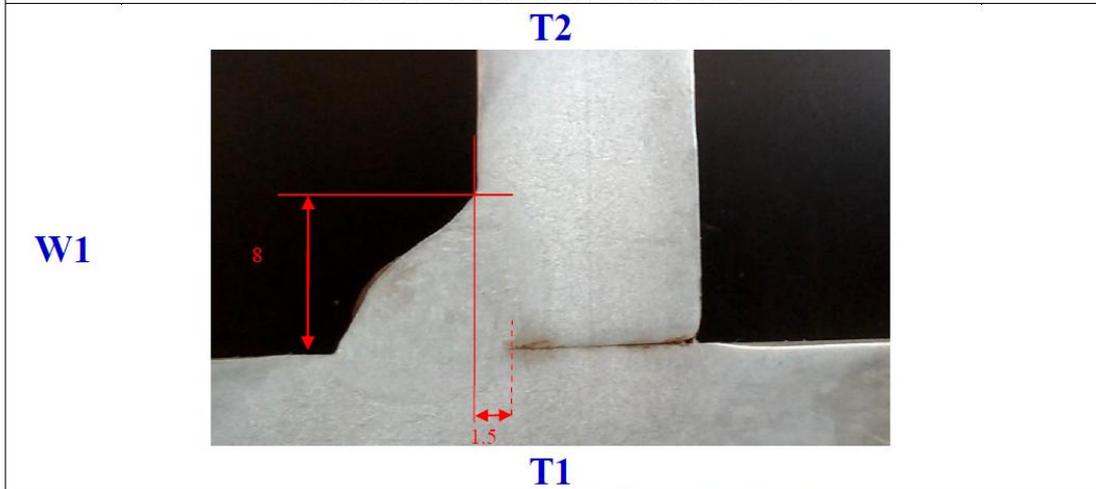
Inspected by: Examinado por. ANTONIO NAVARRO POLO Level II - ASNT(SNT-TC-1A) RT,MT,PT,VT,UT Lic. OPERADOR IPEN / OTAN N:0990-07 Lic. OFICIAL IPEN / OTAN N: 0051-10	Manufacturer or Contractor: Fabricante ó Contratista:	Customer: Cliente:
--	--	-----------------------

ventas@gyninspecciones.com Fijo: (511) 382-1495 / Rpc: 990-316-687 / 966-424-730 gyn.inspecciones@gmail.com

	Report of Macroetch Test (MaT) Reporte de Ensayo de Macroataque (MaT)	Code: Código:	FO.GYN-017
		Revision: Revisión:	00
		Date: Fecha:	06/01/2014
		Page: Página:	2 of 3

Project: Proyecto:	Probeta 01	Report: Reporte:	INF.PI-2658-18 / N°01	Test Date: Fecha Ensayo:	15-Mayo-2018
Customer: Cliente:	FABRICANTES Y CONSTRUCTORES S.R.L.	Attention: Atención:	Ing. David Alberto H. Lima		
Test Procedure: Procedimiento Ensayo	MaT.GYN.PR-001 (ASTM E340)	Revision Number: Número Revisión	00		
Material specification: Especificación de material:	ASTM A36	Welding process: Proceso de soldado:	GMAW	WPS N°: WPS N°:	WPS-FYCOGM-001-13N/E
Position of welding: Posición de soldado:	2F	Etching: Ataque:	Nital (HNO ₃)		
Instruments Used Instrumentos Utilizados	Bridge Cam Gage	Grinding: Lijado:	Lija al Agua	Polishing: Pulido:	Alumina

SKETCH OR PHOTO IDENTIFICATION AND LOCATION OF COMPONENT
DIBUJO O FOTO DE IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE COMPONENTE



Line Línea	Specimen N° Especimen N°	Joint Junta	Welder Soldador	Defect Defecto	Type of Joint Tipo de Junta		Interpretation Interpretación		Remarks Observaciones
					Butt A Tope	Fillet Filete	Accept. Aceptado	Reject Rechazado	
1	E-01	W1	MCHB	---	--	X	X	---	--
2									
3									

Nota: MCHB = Miguel Chaves Blas

W1: Single Pass Fillet Weld

W1: Pase Individual de Soldadura de Filete

W2: Multiple Pass Fillet Weld

W2: Pase Múltiple de Soldadura de Filete

Nomenclature of Discontinuity Nomenclatura de la Discontinuidad				Test Results Resultados del Ensayo			
IF:	Incomplete Fusion at Root of Bead or Top of Joint Fusión Incompleta asociada a la superficie	CP:	Cluster Porosity Porosidad Agrupada	Weld Size (E):		W1= Ninguno	W2= Ninguno
IFD:	Incomplete Fusion Due to Cold Lap Fusión Incompleta entre pases	P:	Porosity Porosidades	Leg Size:		W1= 8 mm.	W2= Ninguno
EU:	External Undercutting Socavado Externo	WP:	Weld Profiles Perfiles de Soldadura	Effective Throat (t):		W1= 7 mm.	W2= Ninguno
IU:	Internal Undercutting Socavado Interno	C:	Cracks Fisuras	Thickness		T1= 12 mm.	T2= 12 mm.

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the welds were prepared and tested in conformance with the requirements of AWS D1.1/D1.1.M (2015) Structural Welding Code –Steel.
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas en conformidad con los requerimientos del AWS D1.1/D1.1.M (2015) Código de Soldadura Estructural-Acero.

Inspected by: Examinado por:	Manufacturer or Contractor: Fabricante ó Contratista:	Customer: Cliente:
<p align="center">..... ANTONIO NAVARRO POLO Level II – ASNT(SNT-TC-1A) RT,MT,PT,VT,UT Lic. OPERADOR IPEN / OTAN N:0990-07 Lic. OFICIAL IPEN / OTAN N: 0051-10</p>		

	REGISTRO DE ENSAYO DE NICK BREAK (Registration Test Nick Bread)	Código :	GYN-MAT-01
		Revisión :	1
		Fecha :	01/05/2013
		Hoja :	1 de 1

N° INFORME (Report): INF.GYN-2659-18

CLIENTE (Customer): FABRICANTES Y CONSTRUCTORES S.R.L.

LUGAR DE PRUEBA (Laboratory): Taller de Calificaciones

REALIZADO POR (Conducted by): Antonio Navarro Polo

FECHA DE ENSAYO (Date of Test): 15_05_2018

N° DE MUESTRAS (N° Specimens):

DC - Cara (face):	x	DL - Lado (Side):	---
DR - Raíz (root):	---	NB - Nick Break:	---

DIMENSIONES DE LAS PROBETAS (Sizes)					RESULTADOS DE LA PRUEBA (Results)		
No	No ESTAMPA (Specimen)	TIPO (Type)	ANCHO (Width)	ESPESOR (Thickness)	LONGITUD (Large)	RESULTADO (Result)	ZONA DE ROTURA (Breaking Zone)
1	MCHB	DC	100mm	12 mm	150 mm	C	Soldadura

Nota: Estampa del soldador MCHB (Miguel Chavez Blas)



*Medidas en milímetros (Sizes in millimeters)

* Conforme (Pass) = C

* No Conforme (No Pass) = NC

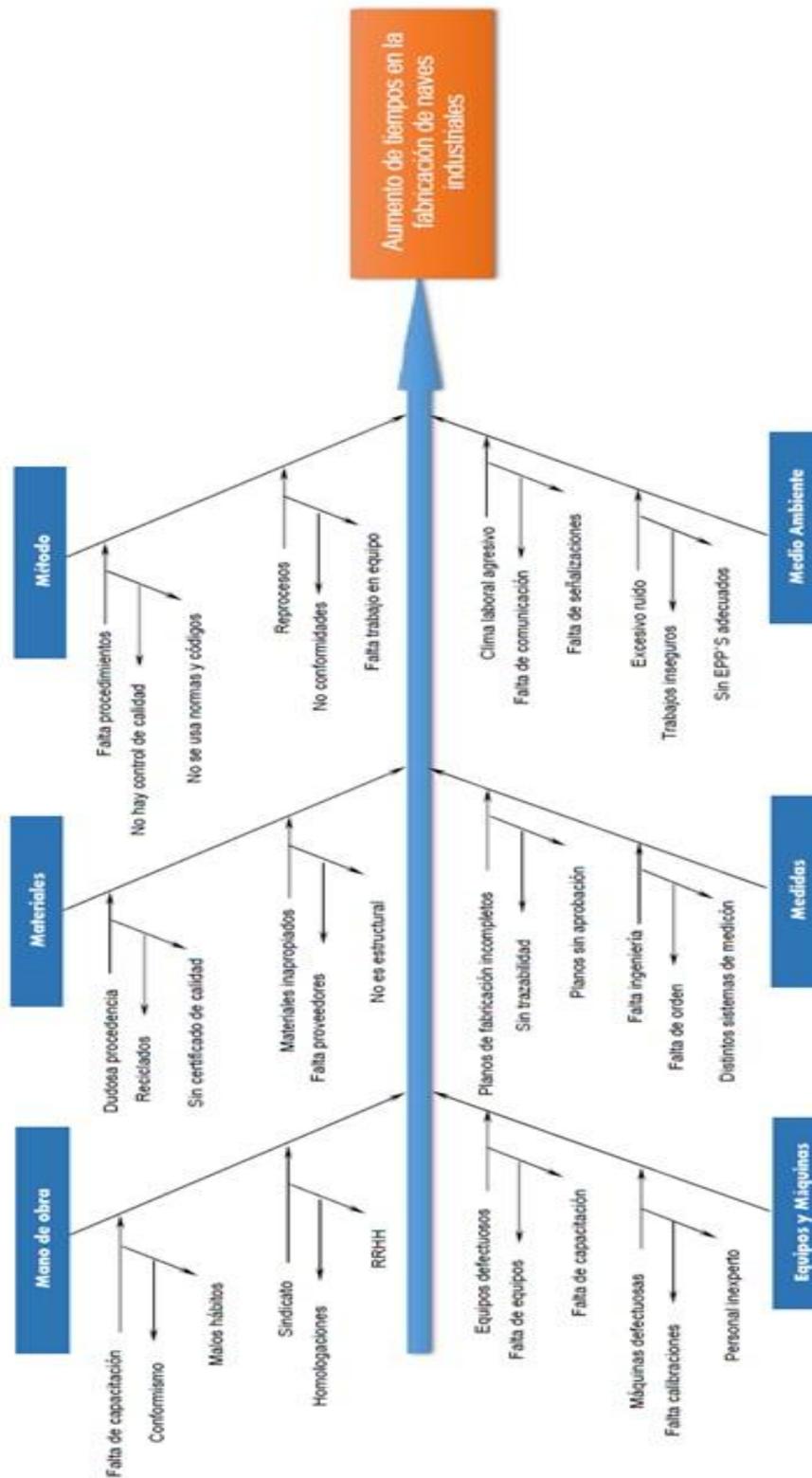
OBSERVACIONES (Remarks):

- Norma Aplicada en el ensayo (Test in conformance with the requirements of): AWS D1.1-2015
- Especificación del material base y NP o NS o Grupo (Base Metal): ASTM A36
- Diámetro del punzón utilizado (plunger diámetro): N/E
- La(s) muestra(s) ensayada(s) fue(ron) entregada(s) por (the specimens were given by): GyN Inspecciones S.A.C.
- De acuerdo al cliente, estas muestras pertenecen a los ensayos de dobles requeridos para la calificación de procedimiento y/o soldador (According to the customer these specimens belong to bend test required for procedure qualification and welder)

*Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita de G y N Inspecciones S.A.C.

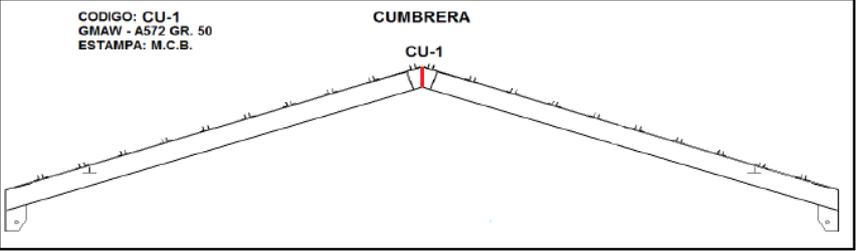
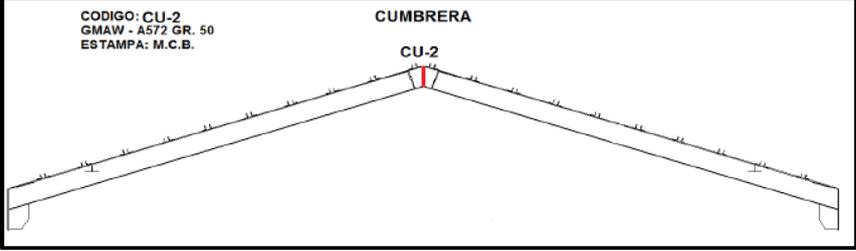
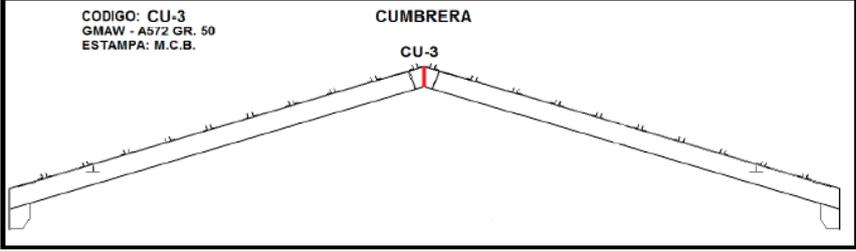
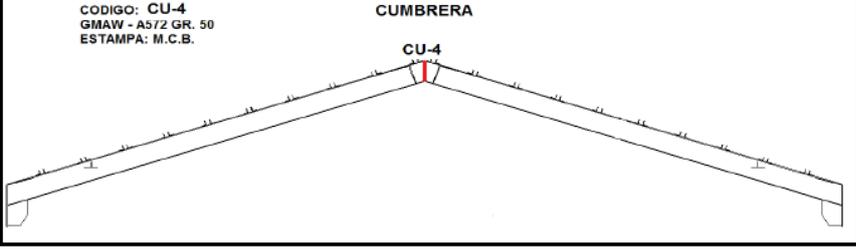
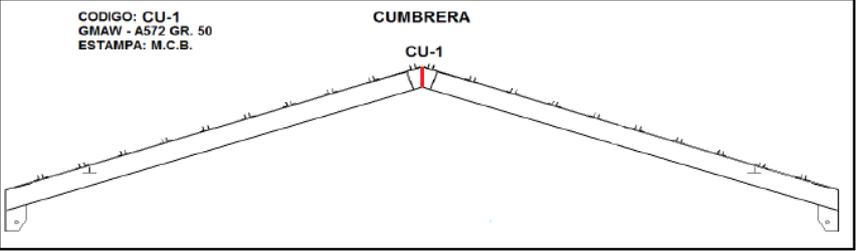
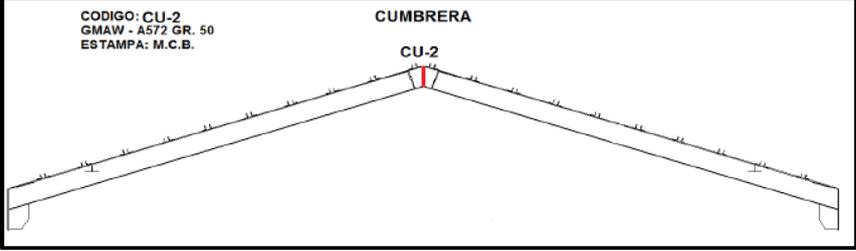
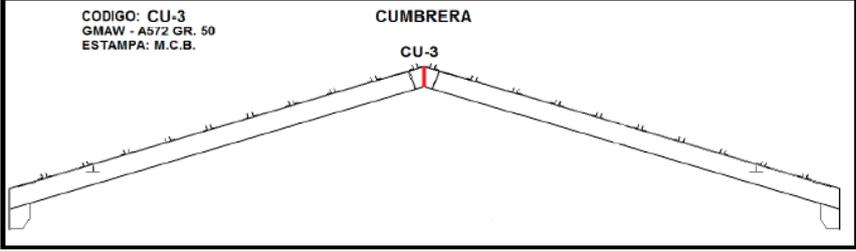
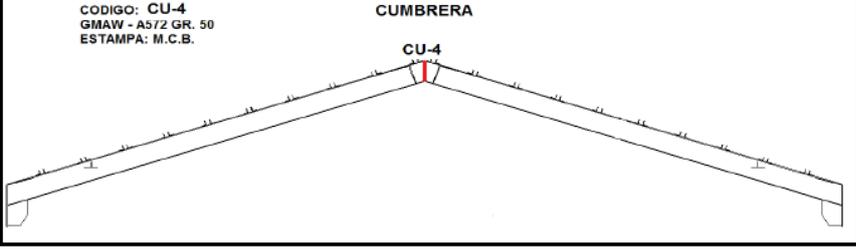
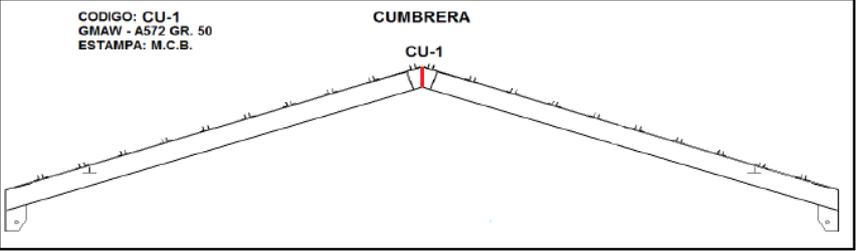
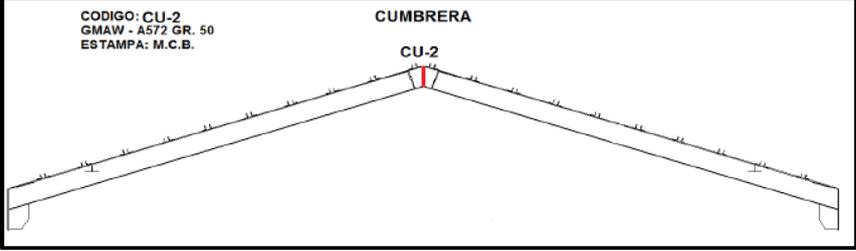
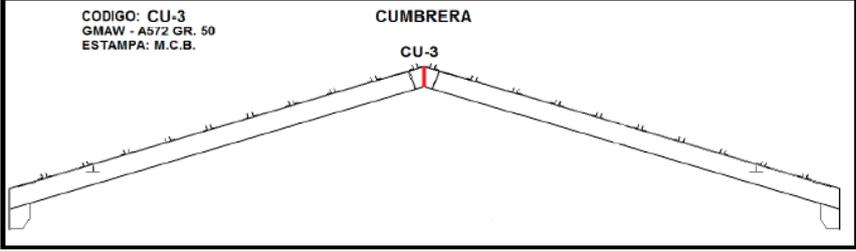
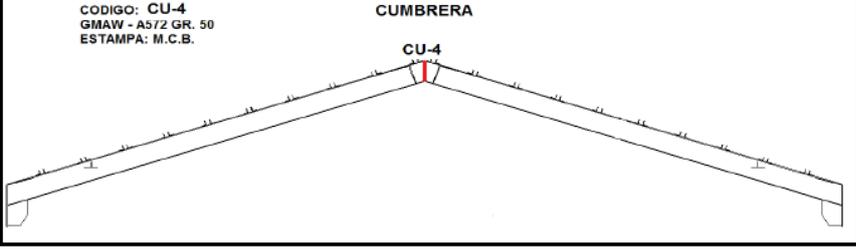
* Prohibited the total or partial reproduction of this report without the authorization of G y N Inspecciones S.A.C.

Anexos 4. Diagrama de Ichikawa de aumentos de tiempos



Anexos 5. Reporte de inspección por ultrasonido

		REPORTE DE INSPECCION CON ULTRASONIDO				FECHA: 31 /10/ 2018									
<small>Av. Oscar. A. Benavides 3008, Torre B, Of. 102 Lima Telf: (511)-647-8987 - LIMA - PERÚ administración@inspecdag.com www.inspecdag.com.pe</small>						REPORTE N° : 5483- 01 -18									
CLIENTE: COBRA PERU S.A.															
PROYECTO: NAVE HIDRO-MANTA															
REQUERIDO POR: Ing. MICHAEL PILLPA															
DESCRIPCION DEL ELEMENTO: CUMBRERA															
MATERIAL	ESPESOR (mm)	ELEMENTO	SOLDADURA	A TOPE	GMAW	SOLDADOR:	MCB								
ASTM A572 Gr. 50	12	CUMBRERA	CONDICION DE SUPERFICIE		PULIDO	POSICION:	--								
% / m Solicitado	CODIGO Y NORMA DE REFERENCIA		CRITERIO DE ACEPTACION			PROCEDIMIENTO									
100%	AWS D1.1-2015		AWS D1.1- 2015 - TABLA 6.2 Y 6.3			INS-AWS D1.1-UT001-17									
METODO	ACOPLANTE	EQUIPO	MARCA	SERIE	MODELO										
Contacto	Metil-celulosa	Pulso E	GE INSPECTION TECHNOLOGIES	15A012KM	PHASOR XS										
PALPADOR				DATOS DE CALIBRACION											
TIPO	MARCA	MODELO	DIMENSION	ANGULO	FRECUENCIA (MHz)	BLOCKE	Ø (m m)	Ref. (dB)							
Normal	OLYMPUS	--	25,4	0°	2,25	-	-	-							
Angular	PANAMETRICS	A432S	75 x 75 mm	70°	5	V1	1,5	35.0							
ELEMENTO INSPECCIONADO:															
															
LONG INSPECCIONADA: 4140 mm															
CODIGO GENERAL	Nº DE JUNTA	Nº DE INDICACION	ANGULO DE PALPADOR	CARA	PIERNA	NIVEL DE ESCANEO Db	DECIBELES				DISCONTINUIDAD				EVALUACION
							a	b	c	d	LONGITUD (mm)	RECORRIDO HAZ (mm)	PROFUNDIDAD (mm)	X (mm)	
CUMBRERA	CU-1	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	CU-2	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	CU-3	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	CU-4	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	CU-5	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	CU-6	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	CU-6 B	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
	CU-7 31	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
CU-7 32	-	70°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	
EVALUACION: Se inspeccionó el elemento según la norma de referencia no presenta indicaciones relevantes por el código de referencia.															
LEYENDA:															
APROBADO RECHAZADO		A R		a Nivel de Indicación b Nivel de Rerefencia		c Factor de Atenuación d Clasificación de indicación		Distancia de Junta Examinada		X, Y J#					
CLASIFICACION:				<input checked="" type="checkbox"/> CONFORME				<input type="checkbox"/> NO CONFORME							
LUGAR Y FECHA DE EJECUCION				CLIENTE				EXAMINADOR							
LIMA 31 DE OCTUBRE DEL 2018															

 Av. Oscar R. Benavides 3008, Torre B, Of. 102 Lima Telf: (511) 647-6987 - LIMA - PERÚ administración@inspectac.com www.inspectac.com.pe	REPORTE DE INSPECCION CON ULTRASONIDO	FECHA: 31 /10/ 2018 REPORTE N° : 5483- 01 -18								
CLIENTE: COBRA PERU S.A.										
PROYECTO: NAVE HIDRO-MANTA										
REQUERIDO POR: Ing. MICHAEL PILLPA										
DESCRIPCION DEL ELEMENTO: CUMBRERA										
ELEMENTO INSPECCIONADO:										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;"> CODIGO: CU-1 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B. </td> <td style="width: 70%; text-align: center; padding: 5px;"> CUMBRERA  </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> CODIGO: CU-2 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B. </td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> CUMBRERA  </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> CODIGO: CU-3 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B. </td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> CUMBRERA  </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> CODIGO: CU-4 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B. </td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> CUMBRERA  </td> </tr> </table>			CODIGO: CU-1 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 	CODIGO: CU-2 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 	CODIGO: CU-3 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 	CODIGO: CU-4 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 
CODIGO: CU-1 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 									
CODIGO: CU-2 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 									
CODIGO: CU-3 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 									
CODIGO: CU-4 GMAW - A572 GR. 50 ESTAMPA: M.C.B.	CUMBRERA 									

Anexos 7. Formato de registro de control dimensional

		REGISTRO DE CONTROL DIMENSIONAL								Código:	FYCO-F-QAC-003
										Revisión:	00
										Fecha:	14/05/2017
1.- DATOS GENERALES:											
Área: QA/QC (CONTROL DE CALIDAD)				Plano de Referencia:				LOGO CLIENTE			
Nombre del Proyecto:				Estándar de Referencia: FYCO-P-QAC-003							
Registro Nº:				Especificación de Referencia: NTE E.090							
Designación: PLANCHAS				Instrumento de Medición: WINCHA 30 MTS							
Responsable:								FECHA:			
2.- ESQUEMA:											
3.- INSPECCION:											
TAG.	DIMENSION	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	L6 (mm)	L7 (mm)	L8 (mm)	L9 (mm)	
	Cota Nominal										
	Cota Real										
	Variación										
TAG.	DIMENSION	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	L6 (mm)	L7 (mm)	L8 (mm)	L9 (mm)	
	Cota Nominal										
	Cota Real										
	Variación										
TAG.	DIMENSION	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	L6 (mm)	L7 (mm)	L8 (mm)	L9 (mm)	
	Cota Nominal										
	Cota Real										
	Variación										
TAG.	DIMENSION	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	L6 (mm)	L7 (mm)	L8 (mm)	L9 (mm)	
	Cota Nominal										
	Cota Real										
	Variación										
TAG.	DIMENSION	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	L6 (mm)	L7 (mm)	L8 (mm)	L9 (mm)	
	Cota Nominal										
	Cota Real										
	Variación										
4.- NOTA:											
5.- OBSERVACIONES:											
6.- APROBACION FINAL:											
QA/QC (CONTROL DE CALIDAD) - FYCO				PRODUCCION - FYCO				SUPERVISION - CLIENTE			
NOMBRE:				NOMBRE:				NOMBRE:			
FIRMA:				FIRMA:				FIRMA:			

Anexos 9. Certificación de máquina de soldar



CERTIFICACION

Señores
F Y Co. SRL
Presente.-

Lima, 12 de Junio 2014

Por la presente declaramos que las máquinas de soldar Modelo ARC 250 III adquiridas por su representada en el transcurso de los años 2012 y 2013, eran nuevas y en perfectas condiciones de uso.

Estas máquinas de Soldar es del tipo Inversor para electrodo.

Detalles:

Marca	Jasic
Procedencia	Shenzhen China
Tecnología	Tipo Inversor
Alimentación de tensión:	230 voltios \pm 10%
Ciclo de trabajo	250 amp. al 60%
Eficiencia	85%
Frecuencia	50 – 60 Hz.
Factor de potencia	0.93
Protección	IP 23
Control de salida	: A corriente constante
La corriente	: de soldadura son observados con amperímetro digital, Ajustados con potenciómetro.

JASIC es una empresa de alta tecnología, dedicados exclusivamente a la producción de máquinas del tipo INVERSOR, con diseños propios.

Reconocidos por su tecnología avanzada posee más de 50 patentes nacionales en soldadoras.

Con Certificación ISO 9001, sus productos tienen conformidad con los estándares CCC, CE, ROHS, CSA y C-TICK, con derechos de propiedad en todos sus productos.

Se adjunta las características técnicas.

Atentamente,

ELECTRICIDAD INDUSTRIAL CASTILLO SAC

Anexos 10. Calibración de máquina de soldar – inversor

NOTA DE CERTIFICACION

SOLDADORA ELECTRICA

Serie No. 1244555188100182900006

Modelo: ARC 250

- Esta soldadora cumple con las tensiones y corrientes de soldadura especificadas.
- Fabricado bajo normas y standares internacionales: CCC, CE, ROHS, CSA y C-TICK, con derechos de propiedad bajo patente protegida.
- Cumple con la norma de seguridad internacional estándar IEC60974-1.
- Tiene protección automática en casos de sobre-corriente y sobre-voltaje.
- Para fluctuaciones de voltaje de entrada tiene auto-compensación (+/- 10%).

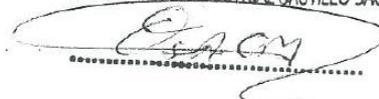
PARAMETROS TECNICOS

Tensión de entrada	230 voltios +/- 10%
Potencia	9.4 Kva.
Frecuencia	50/60 Hz.
Voltaje sin carga	67 voltios
Corriente de salida	20 – 250 amperios
Ciclo de trabajo	60 %
Pérdidas sin carga	60 w.
Eficiencia	85%
Factor de potencia	0.93
Clase de aislamiento	F
Peso	17.5 kilos
Protección	IP-23

Electricidad Industrial Castillo SAC.

Distribuidor autorizado JASIC

ELECTRICIDAD INDUSTRIAL CASTILLO SAC



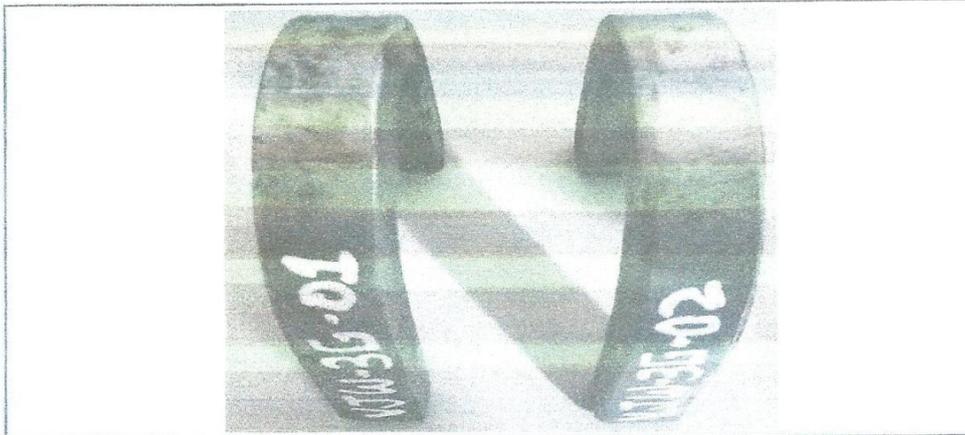
Anexos 12. Ensayos de calificación del soldador

	ENSAYO DE DOBLEZ SEGÚN AWS D1.1 – 2015 PARA CALIFICACION DE SOLDADOR	HOJA	1 de 2						
		REVISION	0						
		EDICION	AGOS. 2018						
INFORME TECNICO FyCO-ED-001									
EMPRESA : FABRICANTES Y CONSTRUCTORES ENVIADO POR : ING. EDWIN BALTUANO ASUNTO : CALIFICACION DE SOLDADOR ANALISTA : CWI RENZO BARRUETO FECHA DE EJECUCION : 13-09-2018									
<p>1. ANTECEDNETES Se confeccionó 01 probeta según la norma AWS D1.1 - 2015, para realizar el ensayo de doblez de lado (02 especímenes)</p> <p>2. DE LA MUESTRA Se identificó como: Plancha de acero al carbono ASTM A36 y ASTM A572 Gr.50 de espesor 12.5 mm para calificación de soldador. Soldado en posición 3G, proceso de soldadura SMAW, electrodo: E6011 / E7018 Soldadores:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>APellidos y Nombres</th> <th>DNI</th> <th>ESTAMPA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VEGA JARA, WILLIAMS</td> <td>40850084</td> <td>WVW</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Según Código AWS D1.1 – 2015</p> <p>4. EQUIPOS UTILIZADOS Se realizó con el equipo de doblez hidráulica de 6Tn de acuerdo a lo especificado por ASME IX -2017 Marca: Truper Código: 14814 Capacidad: 6 t Altura máxima: 430mm Altura Mínima: 215mm</p>				APellidos y Nombres	DNI	ESTAMPA	VEGA JARA, WILLIAMS	40850084	WVW
APellidos y Nombres	DNI	ESTAMPA							
VEGA JARA, WILLIAMS	40850084	WVW							
		 ING. ALONSO VEGA LUJAN LEVEL II - ASNT (SNT-TC-1A) SUPERVISOR DE CALIDAD							

5. CONDICIONES DEL ENSAYO

Medio Ambiente

6. PRUEBAS FOTOGRAFIAS

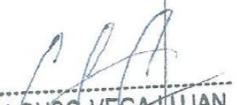


7. RESULTADOS

PROBETA	ESPESOR	TIPO DE DOBLEZ	RESULTADO	OBSERVACIONES
VJW-3G-01	12.5 mm	DOBLEZ DE LADO	ACEPTABLE	
VJW-3G-02	12.5 mm	DOBLEZ DE LADO	ACEPTABLE	


AWS Renzo Alexis BARRUETO R.
 CWI 14121041
 QC1 EXP. 12/1/2020

RENZO BARRUETO R.
 CWI 14121041


 ING. ALONSO VEGA LUJAN
 LEVEL II - ASNT (SNT-TC-1A)
 ING. DAVID PERAZO SUPERVISOR DE CALIDAD
 FYCO SRL

Anexos 13. Registro de laboratorio - soldadura a filete

2018 00058

Pagina 1 de 1



SENATI
DIRECCIÓN ZONAL LIMA - CALLAO

LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS
REGISTRO DE ENSAYO DE DOBLEZ
GUIADO, NICK BREAK & MACROGRAFÍA

INFORME N°	Emisión	Revisión
005-2018	14/09/2018	----

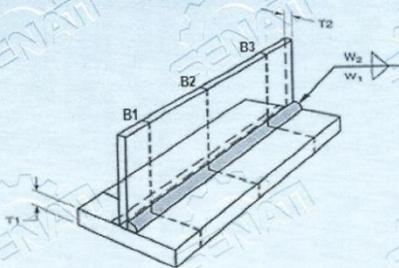
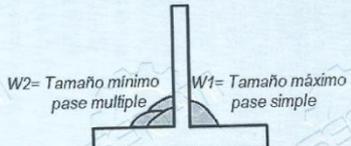
N° Registro de Ensayo: LAB. EMM 2018 - 005

CLIENTE (Customer): FABRICACIONES Y CONSTRUCCIONES S.R.L.
LUGAR DE PRUEBA (Laboratory): LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS - METALMECÁNICA
REALIZADO POR (Conducted by): Ing. DARIO FIGUEROA LÓPEZ
FECHA DE ENSAYO (Date of test): 13 de Septiembre del 2018

N° DE MUESTRAS (N° Specimens):

Macroataque: Tamaño mínimo pase múltiple Macroataque: Tamaño máximo pase simple

SOLDADOR: Flores Oyola, Robert DNI: 45031531
MATERIAL BASE: ASTM A 572 Gr 50 / A709 Gr 50
PROCESO DE SOLDEO: GMAW
ESPESOR: T1= 12mm; T2= 12mm

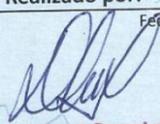



CRITERIOS	ESPECIMEN B1	ESPECIMEN B2	ESPECIMEN B3
Fusión completa hasta la raíz	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Tamaño de soldadura (weld size)	W1=8.5mmx7.4mm W2= 11.5mmx11.4mm	W1=8.4mmx7.4mm W2= 12.0mmx11.0mm	W1=8.5mmx7.0mm W2= 13.3mmx10.6mm
Grietas o fisuras	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Fusión completa entre metal base y soldadura	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Perfil de soldadura	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Profundidad de socavaciones	Aceptable	Aceptable	Aceptable

NOTA: Medidas en milímetros (Sizes in millimeters)

OBSERVACIONES

- Fue utilizada el criterio de ensayo y evaluación del código de soldadura AWS D1.1-2015 (sección 4, parte B).
- El reactivo utilizado para el análisis fue una solución de Ácido Nítrico (al 10%).
- Cupón de soldadura para ensayo proporcionada por el cliente (Para calificación de procedimiento; posición 2F)
- Se adjuntan fotografías del ensayo (3).

Realizado por:	Supervisado por:
Nombre / Cargo: Fecha: 13-sep-18   Dario Fernando Figueroa Lopez CWI 14082751 QC1 EXP. 9/1/2020	Nombre / Cargo: Fecha: 13/09/2018  

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del SENATI