



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS
Y QUÍMICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Trabajo de Titulación

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

MODALIDAD: TRABAJO COMUNITARIO

TEMA:

**ANÁLISIS DE LOS CORDONES DE SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA
METÁLICA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.**

AUTORES:

CEDEÑO MOREIRA CARLOS ADRIÁN
SOLÓRZANO LOOR JAIRO JAVIER
VERGARA RUIZ EUDORO NICANOR

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN:

Ing. Lenin Pita M. Sc.

PORTOVIEJO – MANABÍ – ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Culminada esta etapa de mi vida doy gracias principalmente a Dios sin él no soy nadie puesto que Él nos brinda la sabiduría, paciencia, fortaleza, amor, nos ayuda en los momentos más difíciles.

A mis padres Gilberto Cedeño y Sonia Moreira por siempre estar ahí cuando más los necesité, de guiarme por el camino del bien, gracias a ellos es este logro porque siempre han dado su vida por educarme de la mejor manera.

A mis hermanos Jesús, Ariel, Mauro, que me apoyan en todo momento mis primos y familiares.

A mis compañeros que hemos pasado buenos y malos momentos pero siempre hemos estado ahí apoyándonos unos a los otros. a los maestros por impartir sus conocimientos en el transcurso de esta ilustrada carrera.

CARLOS CEDEÑO MOREIRA

DEDICATORIA

A mis padres porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, ya que en gran parte gracias a ustedes hoy me puedo ver alcanzando mi meta, puesto que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mi hermana, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

JAIRO SOLORZANO LOOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación; a Dios que me mantiene con vida y ganas de luchar diariamente por mi superación personal.

A mi padre **Pedro Vergara**, que aunque no esté conmigo físicamente, desde el cielo guía cada uno de mis pasos, haciendo de mí un hombre de bien.

A mi madre **Danmis Ruiz**, que ha sido un pilar fundamental en mi vida guiándome, aconsejándome y dándome la fortaleza necesaria para cumplir los objetivos de mi vida.

A mi esposa **Ruth Valarezo**, que con su amor y apoyo incondicional ha sido el impulso para culminar mi carrera y seguir adelante.

A mis hermanos que con sus consejos y ayuda me han servido considerablemente en el transcurso de mi vida.

Y a todas las personas que de una u otra manera me han ayudado a lograr esta meta.

EUDORO VERGARA RUIZ

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, Padre Todopoderoso; que nos dio la vida y por ende la fortaleza para culminar y vencer las adversidades que se presentan en la vida.

A la Universidad Técnica de Manabí por brindarnos el vasto conocimiento para alcanza este logro.

A los maestros que con paciencia compartían sus sapiencias permitiéndonos crecer académicamente convirtiéndonos día a día en profesionales de calidad.

A el Ing. Lenin Pita tutor de tesis por toda su ayuda en la ejecución del proyecto.

De manera especial a nuestros familiares que con su apoyo hemos alcanzado este sueño tan anhelado.

CERTIFICACIÓN

INGENIERO LENIN PITA CANTOS, en calidad de Vicedecano de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, para los fines legales correspondientes.

CERTIFICA:

Que el trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE LOS CORDONES DE SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.”** desarrollada bajo mi dirección y control por los señores: ANDRADE ZAMBRANO ERICK ENRIQUE, CEDENIO MOREIRA CARLOS ADRIAN, SOLORZANO LOOR JAIRO JAVIER, VERGARA RUIZ EUDORO NICANOR; previo a la obtención del Título de **Ingeniero Mecánico**, cumpliendo con todos los requisitos del nuevo Reglamento para la Elaboración de Trabajo de titulación que exige la Universidad Técnica de Manabí, realizado mediante el esfuerzo, dedicación y perseverancia demostrado por los autores de este trabajo.

Portoviejo 09 de Junio del 2015

ING. LENIN PITA CANTOS
DIRECTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y
QUÍMICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LOS CORDONES DE SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA
METÁLICA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Sometido a consideración del Tribunal de Revisión y Sustentación, y Legalizado por
el Honorable Consejo Directivo como requerimiento previo a la obtención del título
de:

INGENIERO MECÁNICO

TRIBUNAL EXAMINADOR

**ING. MANUEL CORDOVA GUAIGUA
PRESIDENTE TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN.**

**ING. EFREN PICO GOMEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**ING. GALVIN TOALA ARCENTALES
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

DECLARACIÓN DE LA AUTORIA

Declaramos que:

El trabajo de titulación fue guiado y orientado con los conocimientos técnicos y científicos de parte de nuestro director de Trabajo de Titulación y miembros del tribunal de revisión y evaluación.

Además afirmamos y aseguramos que la investigación, argumentos, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, son única y exclusivamente responsabilidad de los autores.

Sr. Cedeño Moreira Carlos Adrián
AUTOR

Sr. Solórzano Loor Jairo Javier
AUTOR

Sr. Vergara Ruiz Eudoro Nicanor
AUTOR

RESUMEN

El principal objetivo de esta investigación fue realizar el análisis de los cordones de soldadura de la estructura metálica del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí.

Mediante este trabajo se logró determinar la existencia de discontinuidades internas y externas que se presentan en los cordones de soldaduras y de esta forma asegurar que dicha estructura este en óptimas condiciones, para sus diferentes usos.

Para el desarrollo de esta se realizó visitas de campo en el área, lo cual se pudo observar las diferentes etapas de construcción de esta estructura y a su vez inspeccionar las uniones soldadas. Se determinó la calidad de la soldadura utilizando los ensayos no destructivos específicamente los métodos de líquidos penetrantes y de ultrasonido, lo que sirvió para describir las condiciones en que se encontraban los cordones de soldadura. Se elaboró un reporte estadístico de las novedades encontradas en la aplicación de ambos métodos, que se basaron en las normas ASTM, ASME y ANSI-AWS.

SUMMARY

The main objective of this research was the analysis of the welds of the steel structure of the Research Center of Agricultural Sciences at the Technical University of Manabí.

Through this work it was determined the existence of internal and external discontinuities occur in the weld seams and thus ensure that the structure is in good condition, for different uses.

For the development of this field visits were conducted in the area, which could see the different stages of construction of this structure and in turn inspect welded joints. The welding quality was determined using non-destructive testing methods specifically penetrant and ultrasound, which served to describe the conditions under which the welds were. A statistical report on the developments encountered in the application of both methods, which were based on ASTM, ANSI-ASME and AWS standards are developed.

ÍNDICE

RESUMEN.....	IX
SUMMARY	X
XIV	
1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	1
1.1.1. MACRO LOCALIZACIÓN	1
1.1.2. MICRO LOCALIZACIÓN.....	2
1.2. FUNDAMENTACIÓN	3
1.3. DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.6. PRIORIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.7. OBJETIVOS.....	8
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
CAPÍTULO II.....	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	9
2.1.1. SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA.....	9
2.1.2. VENTAJAS DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS	10
2.1.3. DONDE NO CONSTRUIR ESTRUCTURAS METÁLICAS	10
2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	11
2.1.5. TIPOS DE ACERO.....	12
2.1.6. PRODUCTOS LAMINADOS.....	13
2.1.7. PERFILES UTILIZADOS EN LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS ...	14
2.1.8. ESTRUCTURAS METÁLICAS EN NAVES INDUSTRIALES.....	16
2.1.9. ELEMENTOS DE LA CUBIERTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.....	19
2.2. SOLDADURA	19
2.2.1. PROCESOS DE SOLDADURA	20
2.2.1.1. Soldadura con fusión	21

2.2.1.2.	Soldadura sin fusión.....	23
2.2.2.	SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO	23
2.2.3.	CLASIFICACIÓN DE LAS JUNTAS SOLDADAS.....	28
2.2.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS CORDONES DE SOLDADURA SEGÚN SU POSICIÓN.....	31
2.2.5.	ORDEN DE EJECUCIÓN DE LAS UNIONES CON CORDONES DE SOLDADURA	33
2.2.6.	ELECTRODOS.....	34
2.2.7.	CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS	35
2.2.8.	DEFECTOS EN LAS UNIONES SOLDADAS	38
2.2.9.	CONTROL DE CALIDAD DE LAS SOLDADURAS.....	47
2.2.10.	INCIDENCIA DE LOS END EN LA CALIDAD	48
2.3.	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	48
2.3.1.	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	49
2.3.2.	ELECCIÓN DEL MÉTODO	49
2.3.3.	INSPECCIÓN VISUAL	50
2.3.4.	INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES.....	51
2.3.4.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES	52
2.3.4.2.	TÉCNICAS DE LA INSPECCIÓN.....	53
2.3.5.	INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO	57
2.3.5.1.	GENERACIÓN DE ONDAS ULTRASÓNICAS.....	59
2.3.5.2.	DESCOMPOSICIÓN DE ONDAS ULTRASONICAS	59
2.3.5.3.	EQUIPOS DE ULTRASONIDOS	61
2.3.5.4.	EQUIPO EPOCH 1000I.....	63
2.3.5.5.	FACTORES IMPLICADOS EN LA TRANSMISIÓN DE ULTRASONIDOS.....	65
2.3.5.6.	MÉTODOS DE INSPECCIÓN.....	68
3.	BENEFICIARIOS.....	75
4.	METODOLOGÍA	76
4.1.	ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	78
4.2.	MATRIZ DE INVOLUCRADOS	79
4.3.	MATRIZ DE MARCO LÓGICO.....	80
4.4.	PROCEDIMIENTO	82

4.4.1.	PROCEDIMIENTO POR INSPECCIÓN VISUAL.....	82
4.4.1.1.	ALCANCE.....	82
4.4.1.2.	OBJETIVO.....	82
4.4.1.3.	DOCUMENTO DE REFERENCIA.....	83
4.4.1.4.	MATERIAL.....	83
4.4.1.5.	CALIFICACION DEL PERSONAL.....	83
4.4.1.6.	REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS.....	83
4.4.1.7.	MATERIALES EMPLEADOS.....	83
4.4.1.8.	PROCEDIMIENTO DE LA INSPECCION	83
4.4.1.9.	INFORME DE LA INSPECCION	84
4.4.2.	PROCEDIMIENTO DE LÍQUIDOS PENETRANTES.....	84
4.4.2.1.	OBJETIVO.....	84
4.4.2.2.	ALCANCE.....	84
4.4.2.3.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	84
4.4.2.4.	MATERIALES.....	84
4.4.2.5.	PROCEDIMIENTO DE LA INSPECCION	85
4.4.2.6.	CALCULO DEL RENDIMIENTO DE LOS LIQUIDOS PENETRANTES.....	85
4.4.3.	PROCEDIMIENTO POR ULTRASONIDOS.....	87
4.4.3.1.	OBJETIVO.....	87
4.4.3.2.	ALCANCE.....	88
4.4.3.3.	NORMAS DE REFERENCIA.....	88
4.4.3.4.	PERSONAL.....	88
4.4.3.5.	MATERIALES Y ESPESORES DE LA CERCHA.....	88
4.4.3.6.	DETALLES DIMENSIONALES	88
4.4.3.7.	EQUIPO.....	88
4.4.3.8.	PALPADORES.....	89
4.4.3.9.	TECNICA A SER USADA.....	90
4.4.3.10.	METODO DE CALIBRACION	90
4.4.3.11.	CURVAS DE REFERENCIA	95
4.4.3.12.	AJUSTE DE SENSIBILIDAD	95
4.4.3.13.	CONDICION SUPERFICIAL.....	96
4.4.3.14.	ACOPLANTE.....	96

4.4.3.15.	TÉCNICA DE BARRIDO	96
4.4.3.16.	REQUISITOS ADICIONALES.....	96
4.4.3.17.	CRITERIO DE REGISTRO IDENTIFICAION Y METODO DE DIMENSIONAMIENTO DE DISCONTINUIDADES.	96
4.4.3.18.	CRITERIOS DE ACEPTACION. Según AWS D1.1.....	97
4.4.3.19.	SISTEMA DE RASTREABILIDAD	98
4.4.3.20.	HOJA DE REPORTE.....	98
5.	RECURSOS A UTILIZAR	100
5.1.	HUMANOS.....	100
5.2.	INSTITUCIONALES	100
5.3.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	100
5.4.	LUGAR DONDE SE EJECUTO EL PROYECTO	100
5.5.	FINANCIEROS.....	100
6.	ÁNÁLISIS DE LOS RESULTADOS	101
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
7.1.	CONCLUSIONES.....	103
7.2.	RECOMENDACIONES.....	103
8.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	104
9.	BIBLIOGRAFIA.....	105
	ANEXOS.....	106

1.1.2. MICRO LOCALIZACIÓN

El área donde se procederá a realizar el trabajo, es en el campus experimental de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana del Cantón Santa Ana.

-1.172745, -80.388666

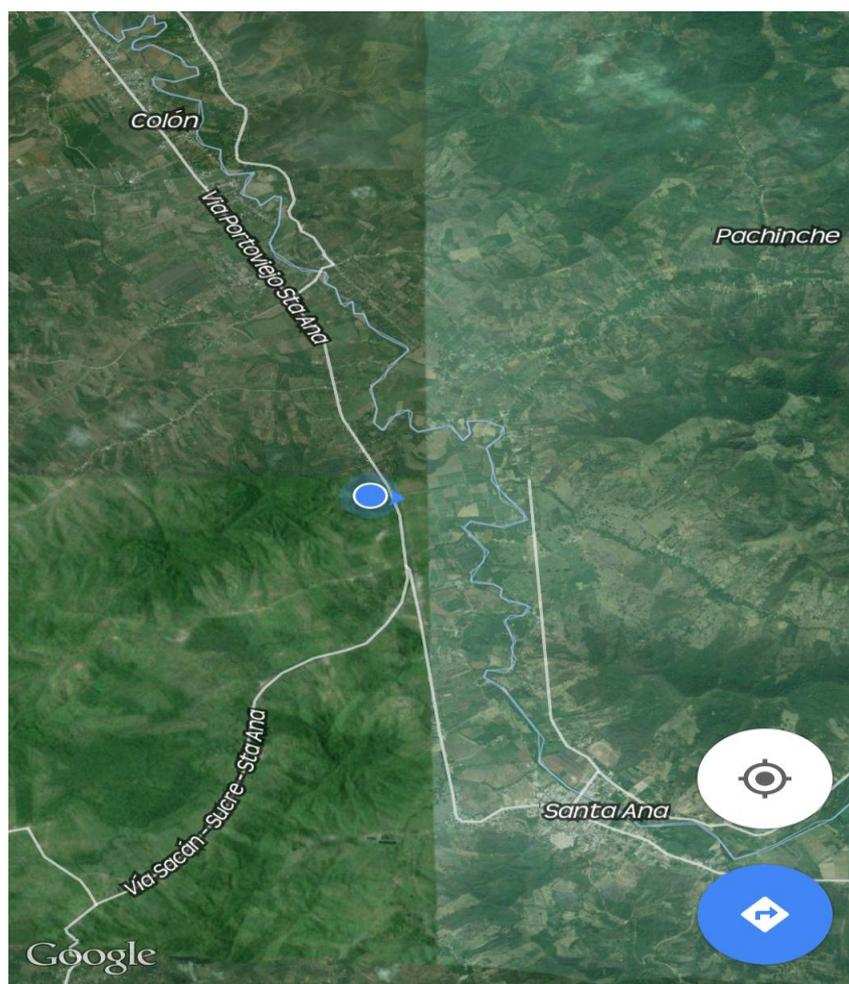


Fig. 1.2 Micro Localización

1.2. FUNDAMENTACIÓN

El presente trabajo trata del análisis de los cordones de soldadura de la estructura metálica del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí. Para así obtener confiabilidad en las uniones soldadas, ya que esto va a permitir que la estructura cumpla con larga vida útil.

La soldadura es conocida desde que se consiguió fundir los materiales que contienen hierro; las propiedades de las uniones soldadas se producen de la geometría del cordón de soldadura y algunas características de la misma. Ésta se produce aprovechando la completa adherencia que se logra entre dos metales cuando se someten a presión y temperatura es decir se comprimen en estado pastoso al que se llega cuando se somete el material hasta una temperatura crítica.

Se llama soldadura a la unión de dos piezas de naturaleza igual o parecida, de manera que la unión en un cuerpo homogéneo con las zonas laterales más próximas. Existe varios procesos para inspeccionar las uniones y piezas soldadas, muchos de ellos hacen parte del grupo conocido como “ensayos no destructivos”

Los ensayos no destructivos pueden aplicarse en cualquier etapa del proceso, bien sea para controlar la calidad de la materia prima, durante los procesos de producción, o como método de inspección. Detectar a tiempo las discontinuidades, defectos e imperfecciones de cordones de soldadura puede marcar las diferencias entre uniones seguras.

Es por eso que la realización de los ensayos no destructivos para verificar el estado de la soldadura y de las piezas a la que pertenecen, se ha convertido en una las prácticas más utilizadas actualmente.

De esta manera vamos a realizar el control de calidad de las uniones soldadas de la estructura del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí.

1.3. DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD

La Universidad Técnica de Manabí fue creada por el decreto legislativo del 29 octubre de 1952. Con ella nacen las escuelas de Ingeniería Agrícola, Medicina y Veterinaria, única en su clase en el país y se erige como facultad partir del 30 de julio de 1968.

Funciono bajo el sistema de enseñanza de año académico por trimestres, con un plan y programa de estudios que permite la formación de profesionales, con conocimientos generales campo agronómico y afine al estudio específico del conocimiento y la técnica.

El 30 de diciembre de 1968 por resolución del Consejo Directivo, el régimen académico para el estudio de Ingeniería Agrícola, fue fijado en 10 ciclos, con un tiempo de duración de 80 días de clases para cada ciclo y con un requerimiento total de aprobación de 200 créditos, previo a la tramitación de los exámenes de grado y expedición de títulos.

En 1969, con el apoyo de las Unidades Académicas, la Facultada incursiona en investigación agrícola, en problemas regionales y nacionales que se relacionan con la ingeniería aplicada a la mecanización de la agricultura; las construcciones afines con la vivienda rural, el alojamiento de animales, estudios de agua, suelos y su conservación en la provincia.

Luego se comprometieron en la realización de laboratorios para cada una de las unidades académicas implementadas con estructuras metálicas que permitan la comodidad de los estudiantes y docentes de las carreras de Ingeniería Agrónoma, Agrícola y Veterinaria

1.4. JUSTIFICACIÓN

El propósito de construir una estructura metálica, es lograr una estructura económica, y que cumpla con requisitos de seguridad y de normas técnicas, se debe conocer suficientemente la mecánica y el análisis estructural, las propiedades de los materiales y la función y comportamiento de los elementos constitutivos de la estructura.

La idea del proyecto es de brindar una mayor seguridad en las uniones de cordones de soldadura en la estructura metálica que se construirá ya que muchas estructuras metálicas no se aplican los análisis de ensayo no destructivo a los cordones de soldadura, se puede realizar dichos análisis por diferentes formas entre ellos lo más utilizados pueden ser: por liquido penetrante y por ultra sonido.

El proyecto es factible de realizar por cuanto existe total disposición de tiempo de los investigadores, el material bibliográfico adecuado y es viable porque existe la disponibilidad económica para llevar acabo las actividades planificadas.

La información que se obtenga ayudará a los operarios que trabajen en la construcción de estructuras metálicas y dará resultados confiables de los cordones de soldadura para seguridad de la estructura.

1.5. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el contorno de socialización con la comunidad universitaria, nos limitamos a encaminarnos de una manera más amplia de los problemas de la comunidad, partiendo con la perspectiva de cómo resolverlos, identificando los siguientes problemas:

- La cubierta de eternit presentaba perforaciones por esto es que en épocas de invierno el agua se filtraba hacia el interior del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí.
- La estructura metálica cumplió su vida útil, la cual con el transcurso de los años se fue deteriorando por causa de la oxidación.
- La falta de funcionalidad de la estructura ha permitido daños en equipos de oficinas y laboratorios.

1.6. PRIORIZACIÓN DEL PROBLEMA

Resaltando algunos de los problemas principales que acarrearán el centro de investigación de ciencias agropecuarias de la parroquia Lodana del Cantón Santa Ana, se ha determinado que la mayor prioridad es la restauración de la cubierta, puesto que esta se ha ido deteriorando por los años de servicio y escaso mantenimiento, el aporte de nosotros como estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica es de brindar una mayor confiabilidad en la nueva estructura mediante **“ANÁLISIS DE LOS CORDONES DE SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.**

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar los cordones de soldadura de la estructura metálica del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Inspeccionar visualmente los cordones de soldadura de las estructuras metálicas para constatar su estado de construcción.
- Realizar el control de calidad de los cordones de soldadura utilizando los ensayos no destructivos de líquidos penetrantes y ultra sonido.
- Elaborar un reporte estadístico de las novedades encontradas en la aplicación de ambos métodos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas en la actualidad se han convertido en uno de los más notables símbolos de nuestra evolución dentro del marco de la ingeniería; el propósito general de diseñar una estructura metálica es lograr que dicha estructura sea segura, económica y que cumpla con los requerimientos estéticos y funcionales.

Las estructuras metálicas están conformadas a base de perfiles de acero, material que posee gran resistencia y un costo no muy alto el cual hace factible la construcción de la misma, sobre todo cuando se requiere urgencia de montaje y características especiales como son alto nivel de luz y esbeltez de los elementos que la conforman.

2.1.1. SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA

El tipo de estructura metálica se selecciona considerando aspectos funcionales, módicos, estéticos y de servicio. Los diseñadores y los propietarios deben de llegar a un acuerdo en cuanto a los requerimientos generales del proyecto; basados en ellos, el diseñador examinará las opciones más adecuadas sobre el tipo de estructura que se ajusta al caso, y preparar los planos y detalles que describirán el proyecto.¹

Las Estructuras Metálicas forman parte de un sistema muy popular en varios países, cuyo empleo suele ascender en función de la industrialización alcanzada en la región donde se utiliza. En la actualidad se la adopta por sus ventajas en que la construcción no demanda mucho tiempo, costo de materiales y costo de mano de obra,

¹ G. Valencia Clement – Bogotá, *Diseño Básico de Estructuras de acero de acuerdo con NSR-10*, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2010, pp7.

Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces, cargas importantes.

Al ser sus piezas prefabricadas, y con medios de unión de gran flexibilidad, se acortan los plazos de obra significativamente.

La estructura característica es la de entramados con nudos articulados, con vigas simplemente apoyadas o continuas, con complementos singulares de celosía para arriostrar el conjunto.

En algunos casos particulares se emplean esquemas de nudos rígidos, pues la reducción de material conlleva un mayor coste unitario y plazos y controles de ejecución más amplios. Las soluciones de nudos rígidos cada vez van empleándose más conforme la tecnificación avanza, y el empleo de tornillería para uniones, combinados a veces con resinas.

2.1.2. VENTAJAS DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS

- Vigas reticuladas permiten cubrir grandes luces.
- Construcciones a realizar en tiempos reducidos de ejecución.
- Construcciones en zonas muy congestionadas como centros urbanos o industriales en los que se prevean accesos y acopios dificultosos.
- Edificios con probabilidad de crecimiento y cambios de función o de cargas.
- Edificios en terrenos deficientes donde son previsibles asientos diferenciales apreciables; en estos casos se prefiere los entramados con nudos articulados.
- Construcciones donde existen grandes espacios libres, por ejemplo: locales públicos, salones.

2.1.3. DONDE NO CONSTRUIR ESTRUCTURAS METÁLICAS

- No está recomendado el uso de estructuras metálicas en los siguientes casos:
- Edificaciones con grandes acciones dinámicas.

- Edificios ubicados en zonas de atmósfera agresiva, como marinas, o centros industriales, donde no resulta favorable su construcción.
- Edificios donde existe gran preponderancia de la carga del fuego, por ejemplo almacenes, laboratorios, etc. ¹

2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS.

Los metales que se emplean en estructuras metálicas son principalmente el acero ordinario, el acero autopatinante y el acero inoxidable

El Acero Ordinario

Es el más empleado, existen los siguientes tipos (según la norma EN 10027):

- S235JR S235J0 S235J2
- S275JR S275J0 S275J2
- S355JR S275J0 S355J2

Nomenclatura

La primera sigla es una “S” (de ‘steel’ acero en lengua inglesa)

La siguiente cantidad numérica es el límite elástico en MPa. En elementos cuyo espesor no supere los 16mm. En espesores superiores la resistencia de cálculo es menor.

Las últimas siglas indican su sensibilidad a la rotura frágil y su soldabilidad.

JR para construcciones ordinarias.

J0 cuando se requiere alta soldabilidad y resistencia a la rotura frágil.

¹ G. Valencia Clement – Bogotá, *Diseño Básico de Estructuras de acero de acuerdo con NSR-10*, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2010, pp7.

J2 cuando se requiere exigencias especiales de resistencia, resistencia a la rotura frágil y soldabilidad.

Con objeto de que no sean excesivamente frágiles, uno de los parámetros que se exige a estos aceros es que su alargamiento de rotura sea superior al 15%

Los aceros autopatinables

Los aceros autopatinables tienen la misma nomenclatura y composición que los aceros ordinarios y tienen como característica que en su composición entra una pequeña cantidad de cobre.

Estos aceros tienen buen comportamiento ante la corrosión atmosférica, dado que se produce en su superficie una capa de óxido que es la que los protege.

Características tecnológicas del acero.

La soldabilidad es la aptitud de un acero para ser soldado mediante los procedimientos habituales sin que aparezca fisuración en frío. Es una característica tecnológica importante, de cara a la ejecución de la estructura.

La resistencia al desgarro laminar del acero se define como la resistencia a la aparición de defectos en piezas soldadas sometidas a tensiones de tracción en dirección perpendicular a su superficie.

La aptitud al doblado es un índice de la ductilidad del material y se define por la ausencia o presencia de fisuras en el ensayo de doblado.

2.1.5. TIPOS DE ACERO

La instrucción EAE (Institución Española de Acero Estructural), contempla los siguientes tipos de acero utilizables en perfiles y chapas para estructuras de acero.

- **Aceros laminados en caliente.** Los aceros laminados en caliente se producen empleando un proceso termomecánico para disminución del espesor del planchón sobre elevadas temperaturas. Se entiende por tales los aceros no aleados, sin

características especiales de resistencia mecánica ni resistencia a la corrosión, y con una microestructura normal.

- **Aceros con características especiales.** Se consideran los siguientes tipos:
 - a) Aceros normalizados de grano fino para construcción soldada.
 - b) Aceros de laminado termomecánico de grano fino para construcción soldada.
 - c) Aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica (aceros autopatinables)
 - d) Aceros templados y revenidos.
 - e) Aceros con resistencia mejorada a la deformación en la dirección perpendicular a la superficie del producto.
- **Aceros conformados en frío.** Se entiende por tales los aceros cuyo proceso de fabricación consiste en un conformado en frío, que les confiere unas características específicas desde los puntos de vista de la sección y la resistencia mecánica.

2.1.6. PRODUCTOS LAMINADOS

Los productos laminados se clasifican en función de sus características de forma en:

- Productos longitudinales.
- Productos planos.

Los productos longitudinales son aquellos en los que una dimensión es determinante sobre las dos restantes. Se subdividen a su vez en:

- **Perfiles estructurales.** Son los perfiles I, H, T, O, con una altura o anchura igual o mayor a 80mm., en ocasiones denominadas perfiles pesados.
- **Perfiles comerciales.** Incluyen los del grupo anterior con dimensión inferior a 80mm. e igualmente redondos, cuadrados, hexagonales y pletinas. También se denominan perfiles ligeros.

Los productos planos son aquellos en que dos de sus dimensiones predominan sobre la tercera. El producto plano utilizado normalmente es la chapa laminada en

caliente, que puede ser obtenida por procedimientos discontinuos o bien por troceo de bobinas.

La chapa laminada se clasifica según su espesor en:

Fina: espesor inferior a 3mm.

Media: espesor igual o superior a 3 mm. hasta 4,75 mm.

Gruesa: espesor superior a 4,75mm. ²

2.1.7. PERFILES UTILIZADOS EN LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS

Los perfiles mas utilizados en las estructuras metalicas son los siguientes:

PERFIL IPN.- Su seccion tiene forma de I doble(T). Caras exteriores de las alas normales al alama. Caras interiores inclinadas un 14%. Bordes redondeados interiormente. Dimensiones desde 80 hasta 600mm. Forma de trabajo: resiste perfectamente a flexion. No mucho a compresion.

PERFIL IPE.- Seccion en forma de doble T. caras exteriores e interiores de las alas paralelas y normales al alma. Espesor constante. Dimenciones desde 80 hasta 600mm. Forma de trabajo: resiste muy bien a flexion. Soporta pequenas compresiones.

PERFILHE.- Su seccion semejante a la del perfil IPE pero la relacion b/h es mayor en el HE que en el IPE. Dimensiones desde 100 hasta 600 mm: Existen tres series: normal (HEB), ligera (HEA) y pesada (HEM). Forma de trabajo: muy bien a flexion y a compresion.

PERFIL UPN.- Seccion en forma de U. caras anteriores con inclinacion del 8%. Dimensiones desde 800 hasta 300 mm. Forma de trabajo: unido al otro perfil igual, trabaja muy bien a compresion. Individualmente soporta tracciones y pequenas compresiones.

² P. Urbans Brotons, *Construccion de Estructuras Metálicas*, 4ª ed. San Vicente (Alicante), 2010, pp 10-17

PERFIL L.- Seccion en forma de angulo recto, con las alasde igual lngitud. Dimensiones desde el 25-3 hasta el 200-20. Forma de trabajo: soporta tracciones y pequenias compresiones.

PERFIL LD.- Seccion en angulo recto. Alas de distinta longitud. Forma de trabajo: soporta tracciones y pequenias compresiones.

PERFIL T.- Seccion en forma de T simple. Tiene un canto igual al ancho del ala (a=b). dimensiones desde 30.300.4 hasta 100.100.11 mm. Forma de trabajo: soporta tracciones, flexiones no muy grandes y pequenias compresiones.²

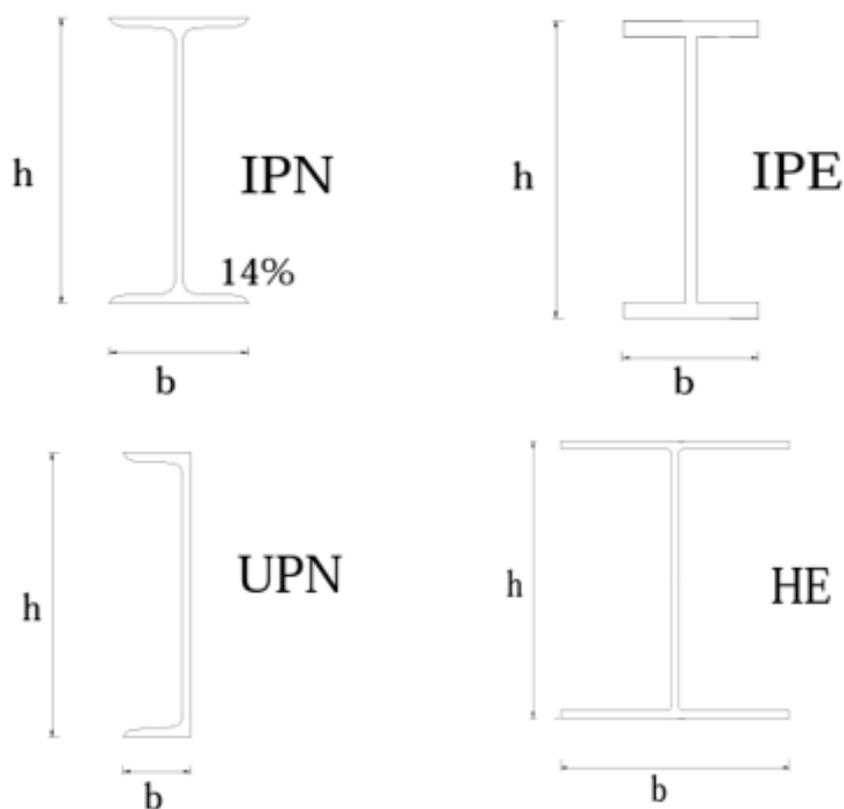


Fig. 2.1 Elementos de una cubierta

² P. Urbans Brotons, Construcción de Estructuras Metálicas, 4ª ed. San Vicente (Alicante), 2010, pp, 24

2.1.8. ESTRUCTURAS METÁLICAS EN NAVES INDUSTRIALES

Las cubiertas se crean para cumplir determinadas funciones como son:

1. Cubrir un espacio generalmente amplio, con el menor número posible de soportes intermedios.
2. Tener las pendientes adecuadas para la evacuación de aguas de lluvia.
3. Posibilitar la colocación de cristales que suministren a la nave industrial iluminación central.

En las construcciones de naves industriales se presentan tres tipos de cubiertas que son:

- Cubiertas tipo pórtico.
- Cubiertas formadas por cerchas.
- Cubiertas en diente de sierra.

Los elementos de una cubierta son:

1. Techumbre.
2. Correas
3. Estructura sustentante (cerchas, vigas de celosía, pórticos)
4. Arrioatramientos

Techumbre: es la parte de la cubierta destinada a cerrar el edificio por su parte superior. Va directa o indirectamente apoyada sobre las correas y ha de soportar y transmitir a estas su peso propio, así como los esfuerzos debidos al peso de la nieve y acción del viento. Se procura que el material de cobertura sea lo más ligero posible, con objeto de reducir su peso propio.

Por esta razón se utilizan planchas onduladas de fibrocemento cuya ondulación mejora su módulo resistente. Actualmente se suelen utilizar con preferencia las planchas de acero galvanizado. Cuando estas planchas se apoyan directamente sobre las correas, se disponen a distancias tales que la plancha sea capaz de resistir, además

de su peso propio, una carga de 100 kp. Aplicada en el punto medio de dicha

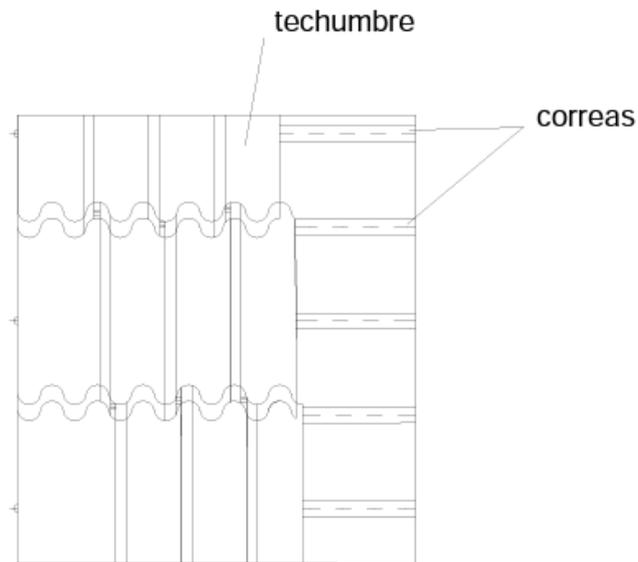


Fig. 2.2 Elementos de una cubierta

distancia.

Correas: Reciben el peso de la techumbre y lo transmiten a la cercha. Suelen emplearse perfiles IPN, simple T, perfil Z, o vigas de celosía.

Las correas van colocadas sobre el cordón superior del perfil inclinado que conforma la estructura de la cubierta, siendo variable su separación, dependiendo del material de cubierta

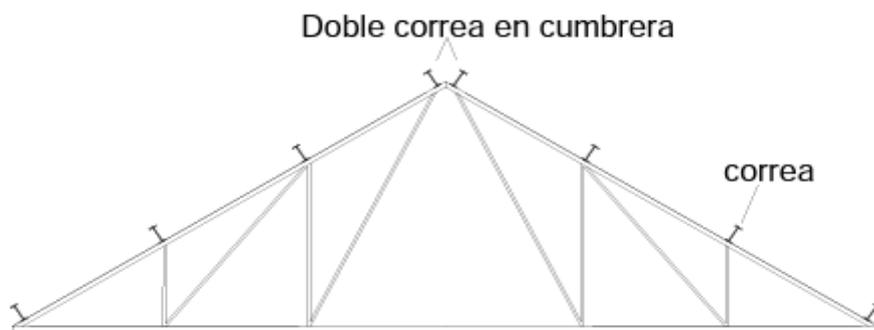


Fig. 2.3 Posiciones de correas

ESTRUCTURA SUSTENTABLE DE LA CUBIERTA

En caso de utilizar cerchas o cuchillos, la cubierta esta formada por una estructura triangulada que recibe el peso de las correas y lo transmite a los muros o soportes.

En caso de cubierta en diente de sierra, esta puede estar formado por cerchas, o por un conjunto de vigas de celosia principales (horizontales) y otras vigas secundarias (inclinadas) sobre las que apoyan las correas. El sistema de transmision de cargas es similar; las correas reciben el peso de la techumbre y lo transmiten a las vigas inclinadas, estas a las vigas de celosiaprincipales y a traves de ellas a los soportes. En caso de utilizar porticos, las correas transmiten el peso a esas vigas inclinadas y estas a los soportes.

Arriostramiento: Tienen por mision asegurar la indeformidad general de la estructura. Normalmente los arriostramientos se colocan en el plano inclinado de la cubierta, en forma de cruz, el cual impide que las cerchas, o elementos de la cubierta, se o se desplacen. Del mismo modo se arriostran los pilares de dichos porticos, en sentido perpendicular a las cerchas o vigas, para impedir el vuelco de los mismos. Según sea las dimensiones de las naves, los arriostramientos se colocan en los siguientes lugares. En naves pequenas, se colocan en uno o en ambos extremos de la nave, uniendo las 2 ultimas cerchas o porticos de cada extremo. En naves de tipo medio, los arriostramientos se colocan en los extremos y en el centro de la misma. En naves grandes se colocan en los extremos, en el centro y en algunos lados intermedios, siendo una solucion aceptable colocar un portico arriostrado y dos o tres sin arriostar. Estos arriostramientos se complementan con las correas de arriostramiento horizontal, colocadas a nivel inferior del apoyo de las cerchas o porticos, uniendo las cabezas de los pilares. Estas correas de arriostramientos horizontales suelen ser UPN o IPN.²

²P. Urbans Brotons, *Construcción de Estructuras Metálicas*, 4^a ed. San Vicente (Alicante), 2010, pp, 285

2.1.9. ELEMENTOS DE LA CUBIERTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

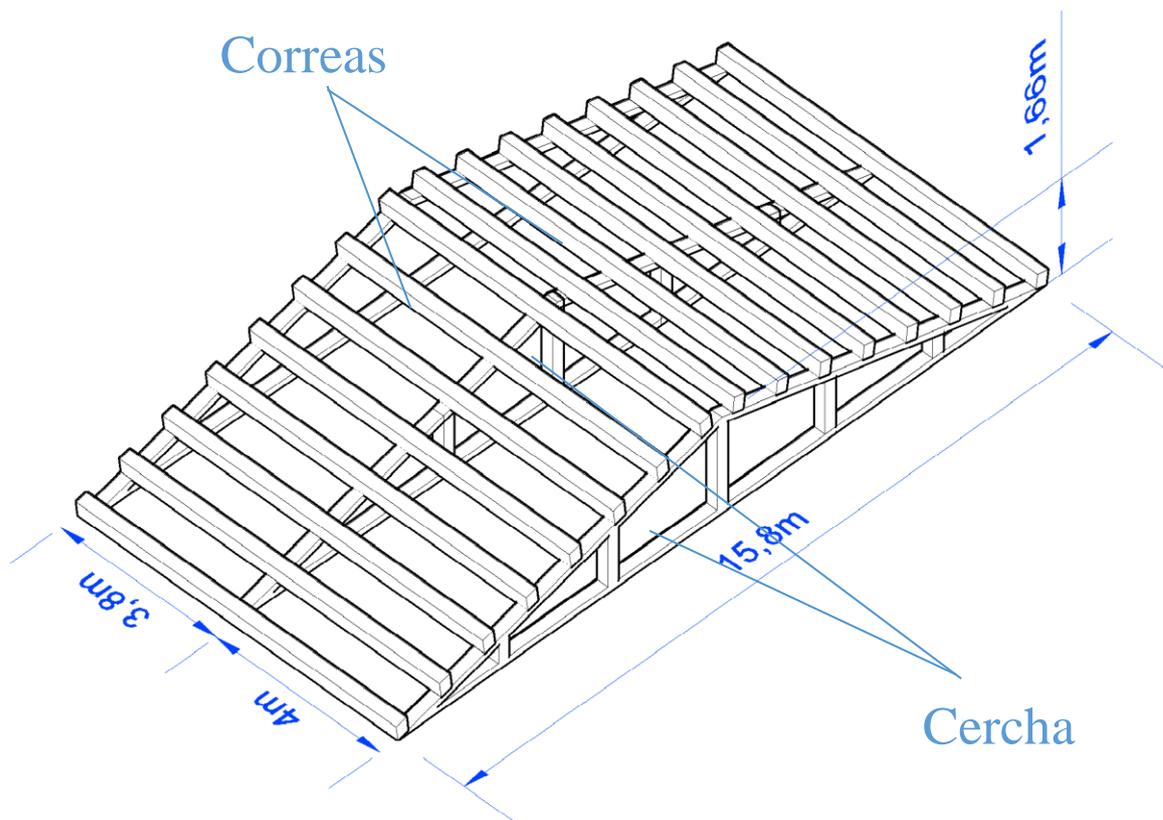


Fig. 2.4 Elementos de cubierta

2.2. SOLDADURA

Según American Welding Society (AWS), la soldadura es una unión o fusión localizada, de dos piezas de naturalezas iguales o parecidas, debido al calentamiento que produce el aumento de temperatura.

Un acero se considera soldable según un grado, un procedimiento determinado y para una aplicación específica, cuando mediante la técnica apropiada se puede conseguir

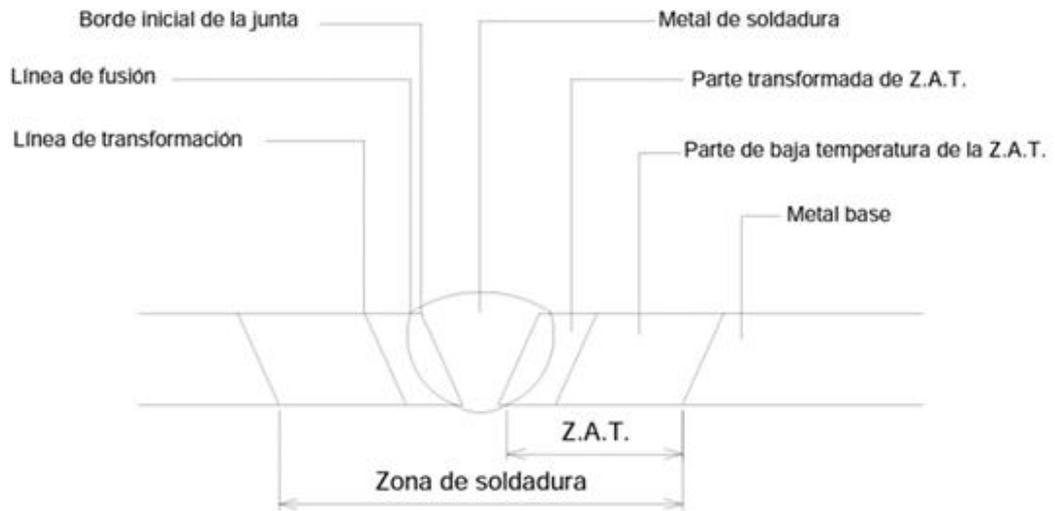


Fig. 2.5 Partes de la soldadura

la continuidad metálica de la unión y esta cumpla con las exigencias requeridas.

Metal de base: es el material que no queda afectado por la operación de soldadura, cuyas características corresponden a las de partida.

Metal de soldadura: es el material fundido, cuya composición química y estructural corresponden a las proporcionadas por la fusión del metal de aportación.

Zona afectada térmicamente: (Z.A.T.) es la zona del material de base que ha permanecido durante un cierto tiempo en una gama de temperaturas en las que puede producirse transformaciones o modificaciones estructurales.

Energía de aportación: es la energía aportada en el proceso de soldeo (en soldadura oxiacetilénica y en soldadura de arco eléctrico). (Pascual Urbans Brotons, 2010)

2.2.1. PROCESOS DE SOLDADURA

Los procesos de soldadura se agrupan básicamente de dos grupos:

- De Fusión.
- De no Fusión.

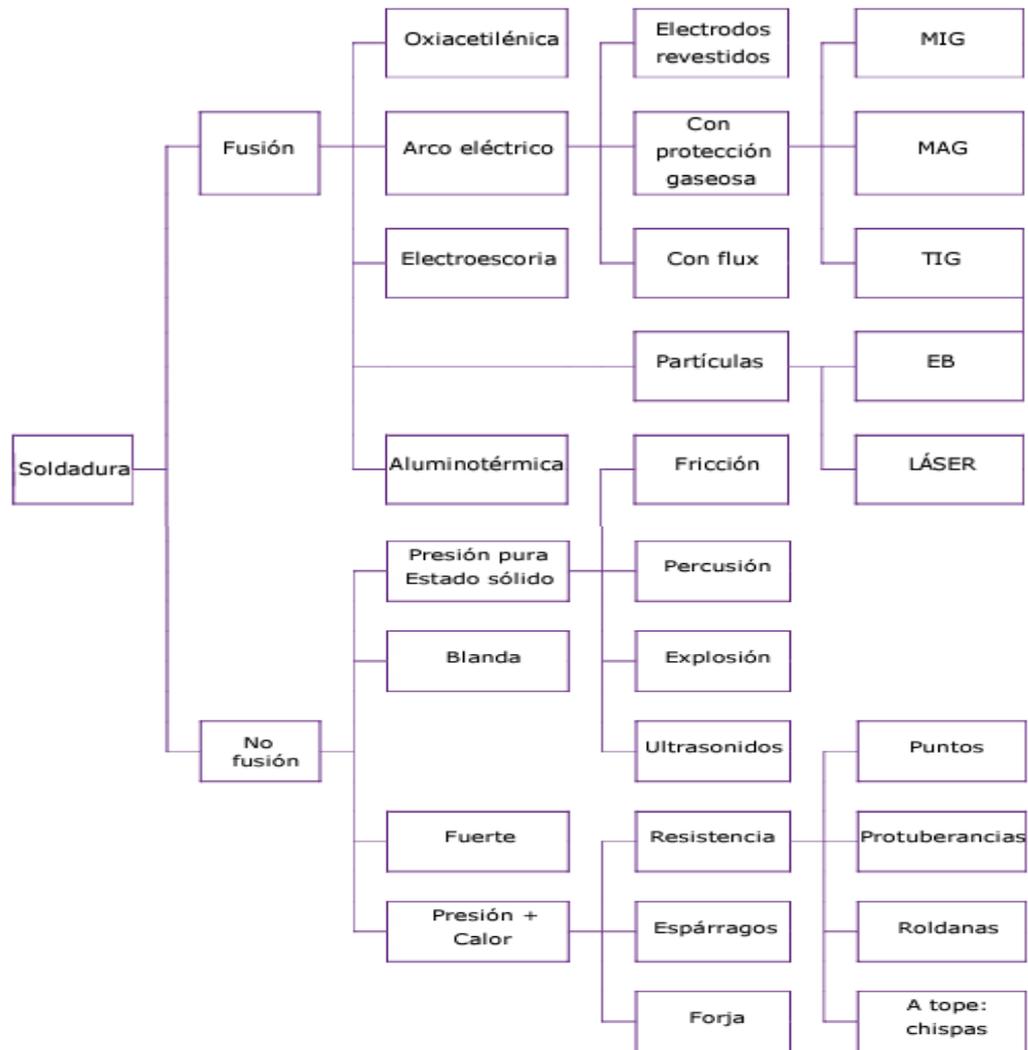


Fig. 2.6 Procedimientos de soldadura

2.2.1.1. Soldadura con fusión

La unión se realiza al fundirse las zonas a soldar, por aplicación de una fuente de calor. En general, se hace sin presión, con o sin aporte de material.

- **Soldadura oxiacetilénica:** la fuente de calor es la combustión de acetileno en una atmosfera de oxígeno.

- **Soldadura por arco eléctrico:** en este caso la fuente de calor necesaria es un arco eléctrico que se produce entre dos electrodos.

Es necesario proporcionar al arco una protección contra la acción del aire. Esta necesidad de protección da lugar a otros procesos: electrodos revestidos, MIG, MAG, TIG, con flux.

- **Soldadura por electro escoria:** es automática con molde, similar a un proceso de fundición continua. El baño se mantiene en un molde formado en parte por los bordes de las piezas a soldar y en parte por una zapata de cobre refrigerada por agua.
- **Soldadura por haz de electrones:** en este procedimiento se utiliza un haz de electrones, acelerando en vacío a una velocidad de, aproximadamente, el 60% de la velocidad de la luz para bombardear la pieza a soldar. Prácticamente toda la energía cinética se transforma en calor, con lo que se consigue que en el punto de enfoque se vaporice el metal, repitiéndose ese proceso hasta conseguir la penetración deseada.
- **Soldadura por láser:** en este proceso se utiliza un rayo láser para transferir la energía necesaria para la soldadura. El nombre laser procede de las iniciales (Light Amplification Stimulated Emission of Radiation), es decir, amplificación de la luz por emisión estimulada de la radiación.

El proceso de soldadura es similar al caso del haz de electrones. Se suelen utilizar dos sistemas de laser:

- **Cristal:** se utiliza un cristal de rubí (laser rubí) o uno granate con aluminio e ytrio (laser YAG) que se estimulan en un tubo de xenón.
- **Gas:** se equipa con un tubo de gas que se estimula con descargas eléctricas. Puede operar de forma continua y tiene un alto grado de eficiencia.
- **Soldadura aluminotermia:** en este procedimiento se hace una especie de molde en la zona que se va a unir.

2.2.1.2. Soldadura sin fusión

- **Soldadura a presión o en estado sólido:** se unen las piezas en estado plástico por medio de una cierta presión. Pueden diferenciarse los siguientes tipos:
- **Soldadura por explosión:** la energía que se aplica sobre las piezas a soldar se origina en una explosión controlada sobre la cara de una de las piezas a soldar.
- **Soldadura por ultrasonidos:** para unir con este procedimiento, se juntan firmemente las piezas y se someten a una vibración de alta frecuencia.
- **Soldadura por fricción:** con este procedimiento se transforma energía mecánica en calor por fricción. Las piezas a soldar se presionan una contra la otra y se fuerza a mover en sentido contrario.
- **Soldadura por resistencia:** se produce la aportación del calor necesario para la fusión de las piezas a unir por la resistencia ofrecida al paso de una corriente eléctrica de pequeño voltaje y alta intensidad, al atravesar las superficies en contacto de las piezas a unir.³

2.2.2. SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

La soldadura de arco o soldadura eléctrica es el proceso de más amplia aceptación como el mejor, el más económico, el más natural y el más práctico para unir metales. En el proceso de soldadura manual por arco que es de uso más común, el soldador obtiene un electrodo adecuado, sujeta el cable de tierra a la pieza de trabajo, y ajusta la corriente eléctrica para “hacer saltar el arco”, es decir, para crear una corriente intensa que salte entre el electrodo y el metal. En seguida mueve el electrodo a lo largo de las líneas de unión del metal que ha de soldar, dando suficiente tiempo para que el calor del arco funda el metal. El metal fundido, procedente del electrodo, o metal de aporte, se deposita en la junta, y, junto con el metal fundido de los bordes,

³ Cano Pina, *Manual de Soldadura por arco eléctrico*, S.L.-Ediciones Ceysa ISBN: 978-84-1588-42-2, España, 2012, pp, 32-37

se solidifica para formar una junta sólida. El soldador selecciona el electrodo que ha de usar para producir el arco de acuerdo con las especificaciones de trabajo.⁴

En esta soldadura, el calor necesario para fundir el electrodo y la pieza del metal de trabajo se genera por la resistencia (fricción) de ambos al paso de la electricidad (corriente).

Cuando pasa la electricidad por un alambre, el movimiento de la energía eléctrica en el alambre origina una fricción y dicha fricción calienta el alambre. Como el alambre se calienta como resultado de su resistencia al paso de la electricidad, es lógico deducir que cuanto mayor sea el flujo (corriente) de electricidad que pasa por un alambre de un diámetro dado, mayor será la fricción que resulte. El incremento de fricción dará así lugar a un incremento de calor.

Cuando el calor se produce a través de una fuente eléctrica mediante un corto circuito producido entre el electrodo revestido y la pieza estamos ante un procedimiento de soldadura por arco eléctrico con electrodos revestidos.

A la hora de regular es necesario conocer los siguientes conceptos:

Longitud del arco eléctrico: Es la distancia entre la punta del electrodo y la pieza de metal a soldar. Se deberá mantener una distancia correcta y lo más constante posible.

Habitualmente la longitud del arco suele ser igual al diámetro de la varilla del electrodo **d**, sin embargo varía en función del tipo de electrodos.

Si aumenta la longitud de arco separando el electrodo, se va a reducir la penetración y esto hará que aumente la inestabilidad del arco, aumentando el riesgo de la formación de poros en el cordón de soldadura; Si disminuye la longitud del arco, se va a producir pegadura del electrodo a la pieza.

⁴ L. Koellhoffer, *Manual de Soldadura*, Mexico: Limusa 2013, pp, 4

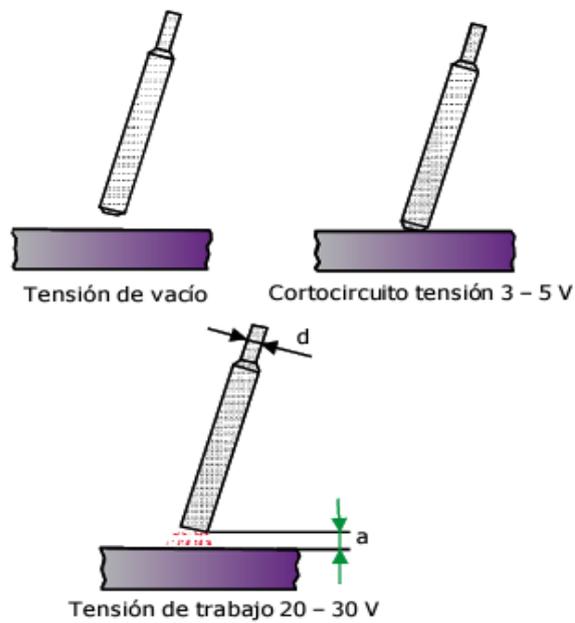


Fig. 2.7 Longitud del arco eléctrico

Fuente: Manual de soldadura por arco eléctrico, 2012

Ángulo del electrodo respecto a la pieza: El electrodo se deberá mantener en un ángulo determinado respecto al plano de la soldadura. Este ángulo quedará definido según el tipo de costura a realizar, por las características del electrodo y por el tipo de material a soldar.

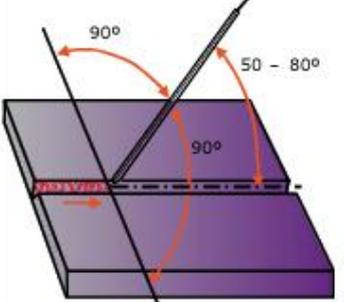
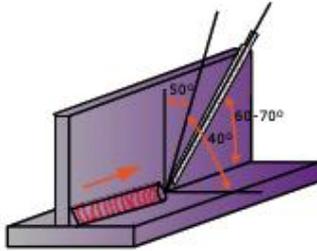
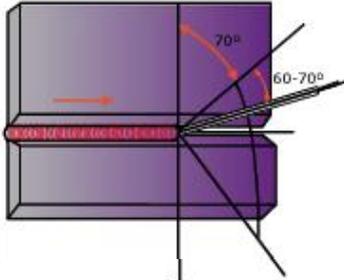
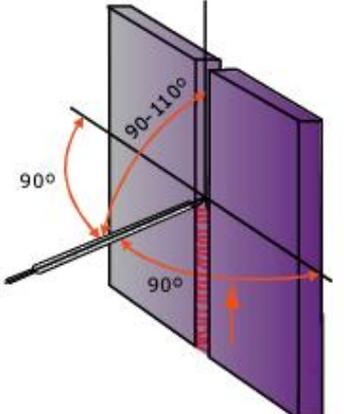
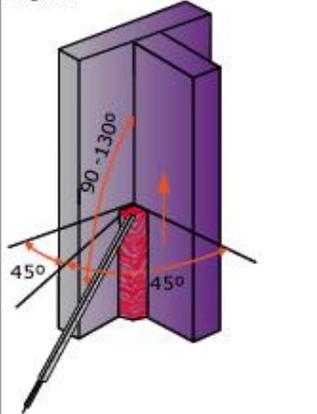
Posición	Junta a tope	Junta en ángulo
Horizontal - Plana	<p>La inclinación del electrodo debe ser entre 50 y 80° en la dirección de avance en el plano de simetría.</p> 	<p>La inclinación del electrodo debe ser entre 60 y 70° en la dirección de avance en un plano inclinado 40° respecto al plano horizontal.</p> 
Horizontal - Cornisa	<p>La inclinación del electrodo debe ser entre 60 y 70° en la dirección de avance en un plano inclinado entre 0 y 30° respecto al plano horizontal.</p> 	
Vertical ascendente	<p>La inclinación del electrodo debe ser entre 90 y 100° en la dirección de avance en el plano de simetría.</p> 	<p>La inclinación del electrodo debe ser entre 50 y 60° en la dirección de avance en el plano de simetría que contiene a la bisectriz del ángulo.</p> 

Fig. 2.8 Angulo del electrodo con respecto a la pieza

Fuente: Manual de soldadura por arco eléctrico, 2012

Velocidad de avance: Para obtener una costura pareja, se deberá procurar una velocidad de avance constante y correcto. Si la velocidad es excesiva, la costura quedará muy débil, y si es muy lenta, se cargará demasiado material de aporte.

No existe una regla matemática para regular la velocidad de desplazamiento ya que depende de la habilidad del soldador. No obstante, cuanto mayor es la velocidad, menor es la anchura del cordón y menor su penetración, por lo tanto, el soldador debe equilibrar su velocidad de soldadura con el resto de los parámetros. En la práctica, hay que intentar que el arco vaya ligeramente adelantado al baño, pero depende de la posición de soldadura.

Corriente eléctrica: Este factor es un indicador directo de la temperatura que se producirá en el arco eléctrico. A mayor corriente, mayor temperatura. Por tanto:

- Si no es aplicada la corriente apropiada, se trabajará fuera de temperatura.
- Si no se alcanza la temperatura ideal (por debajo), el aspecto de la costura puede ser bueno pero con falta de penetración.
- Si se trabaja con una corriente demasiado elevada, provocará una temperatura superior a la óptima de trabajo, produciendo una costura deficiente con porosidad, grietas y salpicaduras de metal fundido.

Para formar el arco eléctrico entre la punta del electrodo y la pieza se utilizan dos métodos, el de raspado y el de golpeado.

El de raspado consiste en raspar el electrodo contra la pieza metálica ya conectada al potencial eléctrico del equipo de soldadura (pinza de tierra conectada).

El método de golpeado es, como lo indica su denominación, dar golpes suaves con la punta del electrodo sobre la pieza en sentido vertical.

En ambos casos, se formará el arco cuando al bajar el electrodo contra la pieza, se produzca un destello lumínico. Una vez conseguido el arco, deberá alejarse el electrodo de la pieza unos 6 mm para así poder mantenerlo. Luego disminuir la

distancia a 3 mm (distancia correcta para soldar) y realizar la soldadura. Si el electrodo no se aleja lo suficiente, se fundirá con la pieza, quedando pegado a ella, aunque los equipos modernos están dotados de corriente adicional para despegar el electrodo y seguir fundiendo.

La ejecución es la siguiente:

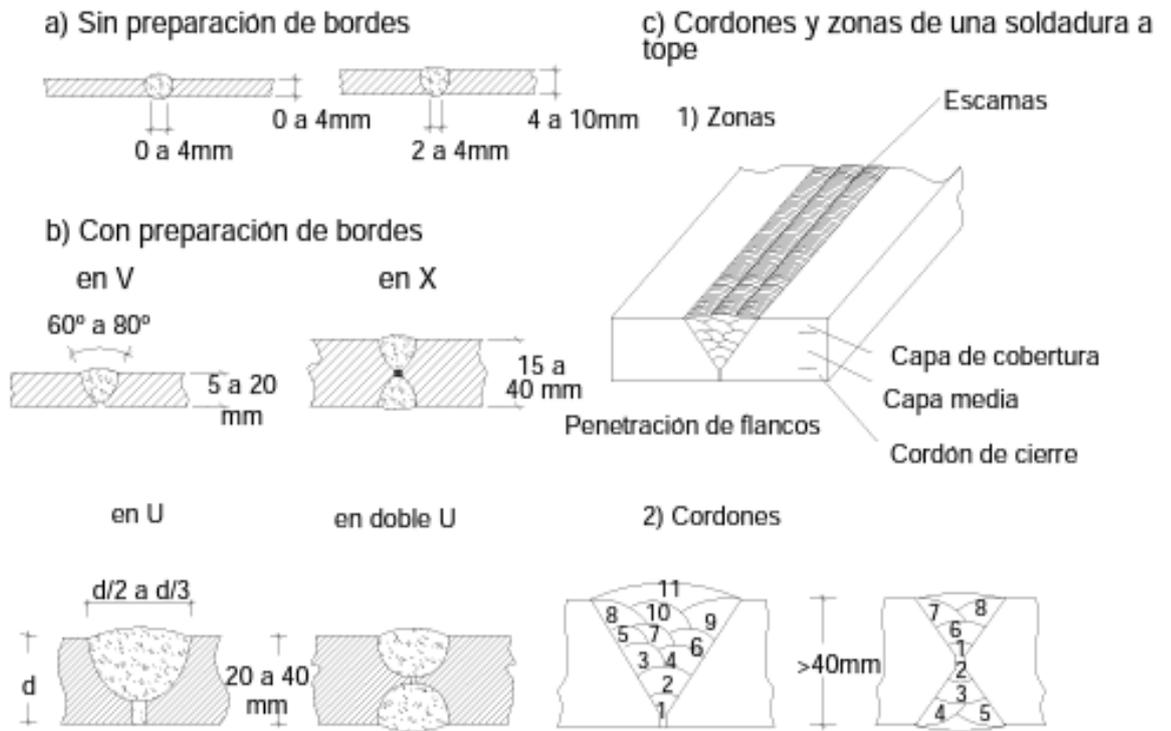
- Ubicar firmemente las piezas a soldar en la posición correcta.
- Tener a mano varios electrodos para soldar.
- Colocar uno en el porta electrodo.⁵

2.2.3. CLASIFICACIÓN DE LAS JUNTAS SOLDADAS

Existen los siguientes tipos: soldadura a tope (penetración completa y penetración parcial), soldadura de cordones, soldadura en tapón, soldadura de ranura y soldadura de bordes curvados.

Soldadura a tope de penetración completa. Consiste esencialmente en unir las chapas situadas en un mismo plano, por un solo lado. Para espesores de chapa inferiores a 4mm. No es necesaria la separación de los bordes, sin embargo, para espesores superiores a 6mm. se necesita preparar los bordes, para conseguir una buena penetración de la soldadura sobre el metal. En las figuras siguientes se representan los tipos de preparación de bordes más usuales (en V, U, X, doble U), así como la forma de rellenar la junta, cuando las dimensiones de las chapas son grandes, siendo necesario efectuar varias pasadas con cordones de soldadura.

⁵ Jose Maria Carpintero Pino, Manual práctico de soldadura básico, De la edición Starbook, 2011, pp 40



Soldaduras a tope de penetración completa de chapas situadas en un mismo plano.

Fig. 2.9 Soldaduras a tope con penetración completa de chapas

Fuente. P. Urban Brotons, Construcción de estructuras metálicas

En la figura 2.9, en la de la parte superior, se representan las soldaduras a tope en forma de T y a tope en ángulo (L), cuando las chapas no están en el mismo plano.

En la parte inferior se detalla la preparación de los bordes para la soldadura de

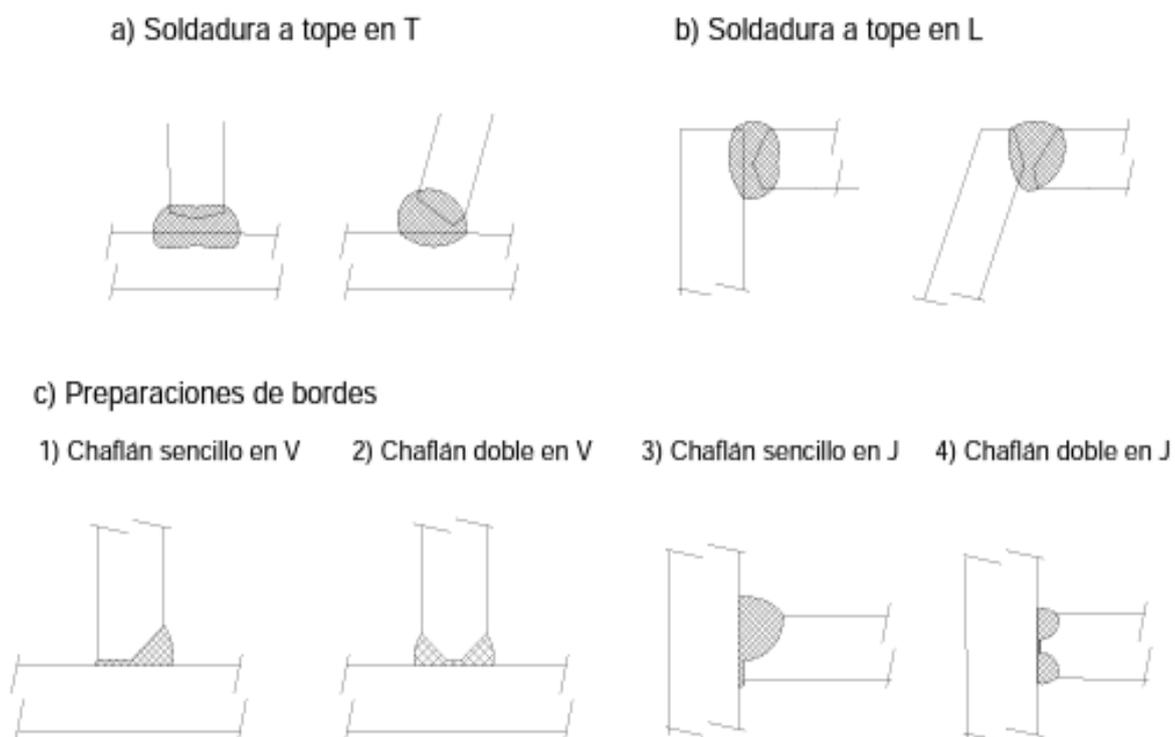


Fig. 2.10 Soldaduras a tope en T y en L

Fuente. P. Urban Brotons, Construcción de estructuras metálicas

penetración completa.

Soldaduras a tope de penetración parcial

Las soldaduras de penetración parcial, son similares a las descritas anteriormente, con menor penetración de la soldadura. Las piezas pueden disponerse en prolongación o en forma de T. En todos los casos conviene que ambas piezas estén en contacto lo más estrecho posible, para conseguir una buena unión.²

² P. Urban Brotons, Construcción de estructuras metálicas, 4ª ed. San Vicente (Alicante), 2010, pp, 45-47

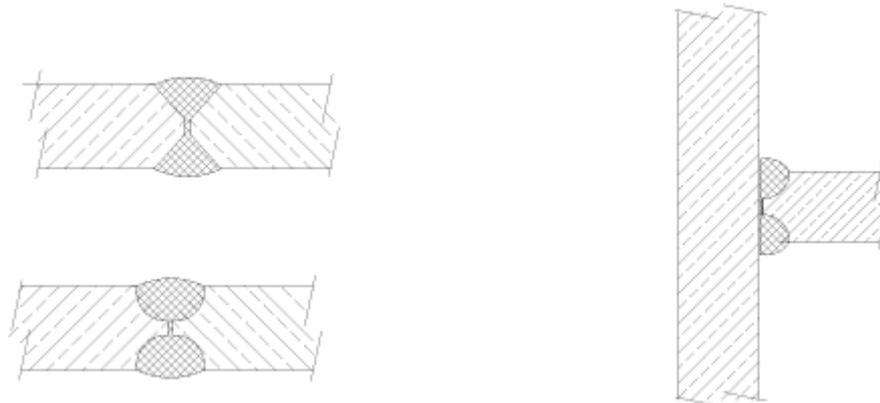


Fig. 2.11 Soldadura a tope con penetración parcial

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS CORDONES DE SOLDADURA SEGÚN SU POSICIÓN

La posición en la que se va a realizar la soldadura tiene una gran importancia, ya que a veces de ella depende la elección del personal, el tipo de electrodo, la forma de colocación de las piezas, el diseño de la unión, entre otros.

Por este motivo, deben definirse bien las posiciones típicas de soldadura y ver a cuál de ellas puede referirse un cordón cuando se conoce su posición en el espacio. Según su posición durante la ejecución los cordones de soldadura se clasifican:

- Horizontal –plana.
- Horizontal en cornisa.
- Vertical: ascendente o descendente.
- Bajo techo.

Además, en algunos casos se suele añadir una quinta posición que es la posición inclinada. Los límites para definir una u otra posición, vienen recogidas en las distintas normas (AWS, ASME, ENE). Se definen en función del tipo de soldadura o del tipo de material, dando lugar a distintas denominaciones.

Un cordón está determinado por:

- Su eje longitudinal de simetría, que pasa por el centro de todas las secciones del cordón.
- El plano que contiene dicho eje y que es perpendicular a la superficie del cordón.

Atendiendo a las distintas posiciones y preparaciones de juntas, pueden agruparse las distintas soldaduras de la siguiente forma:

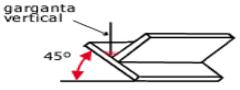
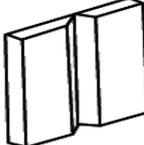
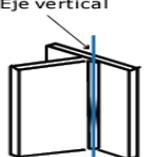
	Posición	Denominación americana	Abreviatura	Esquema
	Plana (a tope)	Flat (butt or groove)	1G	
	Plana (en ángulo o rincón)	Flat (fillet)	1F	
	Techo (a tope)	Overhead (butt or groove)	4G	
	Techo (en ángulo o rincón)	Overhead (fillet)	4F	
	Vertical ascendente (a tope)	Vertical-up (butt or groove)	3G	
	Vertical descendente (a tope)	Vertical-down (butt or groove)	3G	
	Vertical ascendente (en ángulo y rincón)	Vertical-up (fillet)	3F	
	Vertical descendente (en ángulo y rincón)	Vertical-down (fillet)	3F	

Fig. 2.12 Posición de cordones de soldadura

Fuente. Manual de soldadura por arco eléctrico

2.2.5. ORDEN DE EJECUCIÓN DE LAS UNIONES CON CORDONES DE SOLDADURA

En la figura 2.13 se indica, de forma numérica el orden de ejecución de las soldaduras, y con una flecha se indica la dirección de las mismas, tanto para encuentros de piezas en T, solapas, etc. (figuras superiores), como para uniones planas (figuras inferiores).

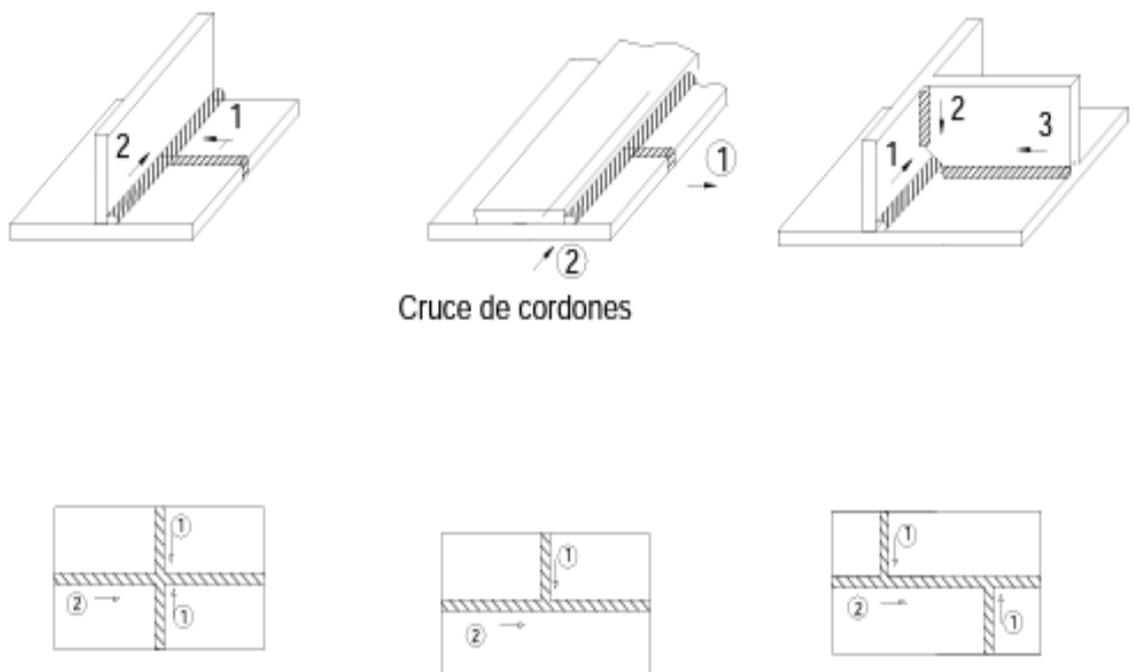


Fig. 2.13 Uniones con cordones de soldadura

Cuando la longitud de soldadura es inferior a 500mm. Es recomendable que se ejecute toda ella continua, sin más interrupciones que la necesaria, cada vez que se termina un electrodo, para cambiarlo.

Para casos longitud comprendida entre 500 mm. y 1000 mm. se recomienda comenzar por el centro e ir avanzando hacia cada uno de los extremos, como se indica en la figura 2.14

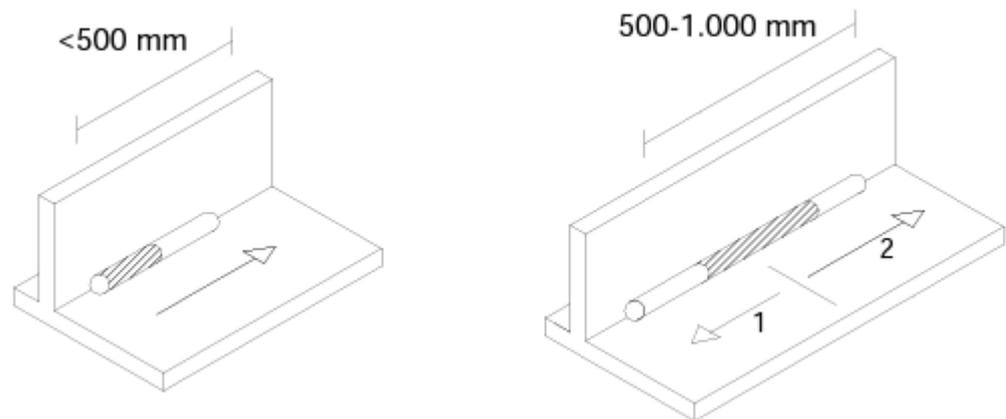


Fig. 2.14 Tipos de longitud de un cordón

Para

longitudes de soldadura superiores a 100 mm. deben tenerse presente dos factores: la lentitud y la alternancia, de modo que cada cordón parcial, cuya longitud debe ser la que corresponda al material depositado con cada electrodo, termine donde comenzó el cordón parcial anteriormente ejecutado. ²

2.2.6. ELECTRODOS

Es una varilla metálica que está recubierta de distintos materiales. El recubrimiento de dicho material se selecciona dependiendo del tipo de material que se va a soldar. , un electrodo consta de un alma de metal recubierta de una pasta endurecida en la que se incorpora los elementos necesarios para proporcionar al arco las características deseadas.



Fig. 2.15 Estructura básica de un electrodo

² P. Urbans Brotons, Construcción de estructuras metálicas, 4ª ed. San Vicente (Alicante), 2010.

El revestimiento se deposita sobre la varilla por extrusión, mediante unas prensas especiales, dejando posteriormente secar la pasta en un horno de secado, como ya hemos visto.

Los objetivos del revestimiento son los siguientes:

- Crear una “barrera” de protección de las gotas y del baño de metal fundido del efecto del aire (oxígeno y nitrógeno).
- Afinar el grano del metal fundido.
- Facilitar el cebado del arco al posibilitar la ionización del espacio entre el electrodo y las piezas a unir.
- Permitir la información de escorias, que al flotar sobre el baño le protege y limita el enfriamiento del cordón.

En cuanto al metal del alma, su misión es conducir, por una parte la corriente eléctrica de soldadura y, por otra, aportar material para realizar la unión de las piezas a soldar.

Tipos de varillas: de acero dulce, de aceros especiales, de hierro colado y de metales no féreos.

2.2.7. CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS

Además de los distintos tipos de revestimiento, los electrodos se agrupan en función de otros parámetros, operativos o no, como son el tipo de acero para el que se utilizan o el tipo de corriente.

En cada país existen normas de clasificación de electrodos, las más corrientes son: UNE (España), DIN (Alemania), y AWS (Estados Unidos). En general, las normas más utilizadas son las normas AWS (American Welding Society).

Cada electrodo suele tener marcada en la cabeza la clasificación según las normas. Considerando, por ejemplo, la AWS, un electrodo para aceros al carbono y de baja aleación, lleva las siguientes señalizaciones.

La letra E indica que se trata de electrodos recubiertos para soldadura al arco. Por ejemplo el electrodo 6011.

Los dos primeros dígitos representan la resistencia a la tracción como se indica en la tabla

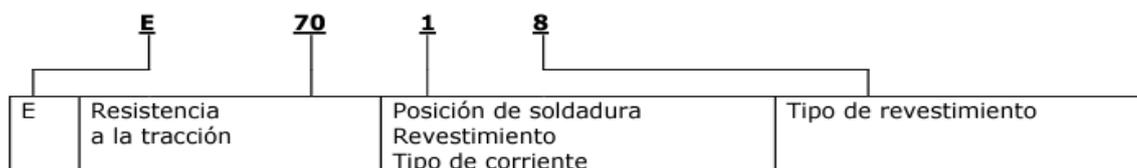


Fig. 2.16 Simbolización de un electrodo

Símbolo	Resistencia a la tracción		Limite elástico	Alargamiento mínimo en 2"
	Psi	Kg/cm2		
60	62000	4340	50000	22
70	72000	5040	60000	22
80	80000	5600	67000	19
90	90000	6300	77000	17
100	100000	7000	87000	16
110	110000	7700	97000	15

Valores exactos dependen de los siguientes dígitos: 1psi (libras por pulgada al cuadrado) = 0,070kg/cm2

³ Cano Pina, Manual de soldadura por arco eléctrico, España, 2012.

Tabla 2.1

El tercer dígito con el siguiente significado:

Dígito	Posición
1	Todas las posiciones (menos vertical descendente)
2	Bajo mano y cornisa
3	Todas las posiciones (incluido vertical descendente)

Tabla 2.2

El cuarto dígito con el siguiente significado:

Símbolo	Revestimiento	Corriente y tipo de polaridad
0	Celulosa-sodio	c.c (+)
1	Celulosa-potasio	Específico para c.a. puede emplearse con c.c.(+)
2	Titanio-sodio	c.a., c.c. (+)
3	Polvo de hierro-titanio	c.a., c.c. (-)
4	Bajo hidrogeno-sodio	c.c. y c.c.
5	Bajo hidrogeno-potasio	c.c. (-)
6	Polvo de hierro-oxido de hierro	c.a. y c.c. (-)
7	Polvo de hierro-oxido de hierro	c.a. y c.c. (-)
8	Polvo de hierro-bajo hidrogeno	c.a. y c.c. (-)

Tabla 2.3

2.2.8. DEFECTOS EN LAS UNIONES SOLDADAS

Como ocurre en los materiales que se utilizan en la fabricación de las diferentes piezas en la industria mecánica, la soldadura perfecta tampoco existe, es decir, siempre existirán discontinuidades, imperfecciones, entre otras., que constituyen los defectos de las uniones soldadas. Un defecto se define normalmente, como la falta o ausencia de algo esencial para la integridad o perfección completa de las uniones soldadas. Los defectos podrán ser permisibles o no, de acuerdo al tipo, tamaño y distribución de los mismos, y también al tipo de trabajo para el cual este solicitada la pieza.

Los defectos que se pueden detectar con un simple examen visual se denominaran “defectos externos”. A continuación se estudian los diferentes defectos que pueden aparecer en las uniones soldadas y las causas que lo pueden ocasionar en el caso de los procesos de soldadura manual.

1. Grietas. Las grietas son roturas en las uniones soldadas, y aunque algunas veces son grandes, frecuentemente constituyen ligeras separaciones en el metal de la costura o en el metal base, tal como se observa en la figura

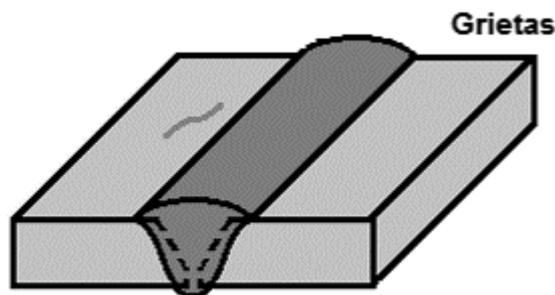


Fig. 2.17 Grietas

Las grietas constituyen los defectos más peligrosos de las uniones soldadas y se pueden presentar tanto como defectos internos o externos.

Las causas más frecuentes del agrietamiento son las siguientes:

- Las tensiones residuales producidas por un calentamiento no uniforme y los cambios estructurales en la zona de influencia (ZIT), ocasionadas ambas por el mismo proceso de soldadura, conducen en muchas ocasiones ambas por el mismo proceso de soldadura, conducen en muchas ocasiones al agrietamiento de la unión soldada. Aplicando precalentamiento y tratamientos térmicos posteriores adecuados, se pueden atenuar y en muchos casos eliminar los problemas anteriores
- Una mala selección del material de aporte puede ocasionar el surgimiento de grietas en la costura, como sucede en el caso de la soldadura de aceros de bajo contenido de carbono con electrodos de acero de medio o alto contenido de carbono.
- Absorción de nitrógeno e hidrogeno en las uniones soldadas, lo cual ocasiona fragilidad en las mismas.
- El exceso en la separación de las chapas en la raíz de la costura, puede ocasionar grietas en la misma. Con una separación adecuada entre las chapas o en la raíz de la costura, se puede evitar este problema.
- Una gran diferencia de espesores entre las chapas de unión a tope puede provocar el surgimiento de grietas en el cordón de soldadura, debido a un incremento de la velocidad de enfriamiento que ocasiona la masa de la chapa más gruesa del cordón, tal como se muestra en la figura



Fig. 2.18 Grieta debido a una separación grande de las piezas

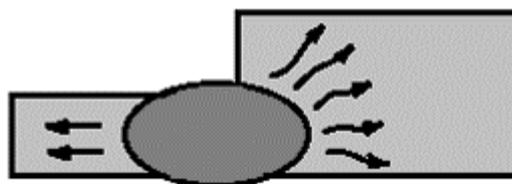


Fig. 2.19 Grietas debidas a una gran diferencia en los espesores de las planchas

2. Falta de penetración. La falta de penetración constituye también, al igual que las grietas, un defecto peligroso en las uniones soldadas y consiste en que el metal de aporte no funde las esquinas de la raíz. La falta de penetración puede ser un defecto externo tal como ocurre en las uniones a tope por un solo lado, o un defecto interno, como ocurre en las uniones a tope por ambos lados y en las juntas en X.

Las causas que provocan la falta de penetración con las siguientes:

- a) Velocidad de soldadura grande. Esto provoca una disminución en la energía térmica por unidad de longitud, la cual no es suficiente para obtener una buena penetración en la raíz.
- b) Empleo de una potencia insuficiente en el soplete, lo cual provoca una disminución en la energía suministrada al cordón.
- c) Selección de un diámetro de electrodo superior al recomendado para un espesor de chapa determinado, como resultado no se puede penetrar hasta el fondo de la raíz.
- d) Empleo de una baja intensidad de corriente con respecto al diámetro de electrodo utilizado. La penetración es una función directa de la intensidad de la corriente utilizada, por lo tanto, si se emplea una baja intensidad de corriente se obtiene poca penetración.

Para evitar el problema anteriormente explicado, se debe seleccionar una correcta intensidad de corriente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

- e) Poca separación entre las caras de la raíz. esto dificulta la penetración del metal fundido hasta el fondo de la misma. Para evitar que esto suceda, se debe seleccionar una adecuada separación entre las caras de la raíz de acuerdo a la norma correspondiente.
- f) Angulo de bisel pequeño, lo que al igual que lo anteriormente expuesto impide que el metal fundido penetre hasta el fondo de la raíz.

Cuando la falta de penetración se encuentra en las uniones a tope por un solo lado y se tiene acceso al revés de la costura, se puede cincelar, limpiar y

reparar este defecto con un cordón posterior. Esto no ocurre así en las uniones a tope por ambos lados y en las uniones en X.

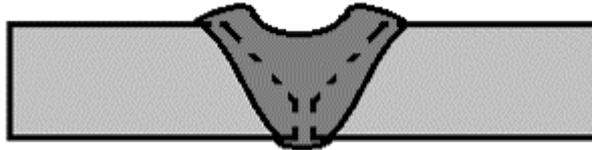


Fig. 2.20 Falta de penetración

3. **Falta de metal.** Este defecto consiste en un escaso aporte de metal a la unión soldada en determinadas zonas o en su longitud total. Este tipo de defecto debilita la unión soldada y puede conducir a un fallo de la pieza durante su servicio, tal como se muestra en la figura.

Las causas fundamentales de este defecto son:

- a) Insuficiencia de metal de aporte a la unión soldada.
- b) Velocidad de metal de aporte a la unión soldada.

Este tipo de defecto es fácil de remediar limpiando bien la zona con ausencia de metal y luego depositando la cantidad necesaria de metal de aporte.

4. **Los Poros,** no son más que concavidades en la costura, las cuales se pueden presentar en la superficie de las mismas, siendo en este caso un defecto externo, o interno cuando se encuentran en el interior de la misma, tal como se muestra en la figura.

Las causas fundamentales que provocan este defecto son las siguientes:

- a) Desprendimientos gaseosos en el momento de la solidificación del metal fundido. En los aceros, lo que ocasiona el desprendimiento gaseoso anteriormente citado es la relación de desoxidación que produce el carbono.

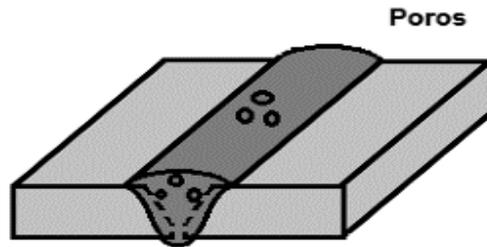


Fig. 2.22 Poros

Este efecto puede presentarse en los aceros con un contenido de carbono de 0.2%, si la cantidad de elementos desoxidantes, tales como el manganeso y el silicio son suficientes.

- b) Disolución en el baño de soldadura de algunos gases de la llama oxiacetilénica, especialmente el hidrogeno.
- c) La humedad en los electrodos es una fuente de porosidad en las uniones soldadas. Especial cuidado debe prestarse a los electrodos básicos y de revestimientos gruesos, los cuales son sensibles a la humedad y por consiguiente, se deben utilizar en estado completamente seco.
- d) El revestimiento agrietado en el electrodo provoca poros en el cordón, debido a que durante la fusión del electrodo, en la zona donde el revestimiento se encuentra agrietado, no existirá una buena protección del baño líquido y surgirán poros producto de la absorción de gases. Por esto no se deben utilizar electrodos con el revestimiento agrietado o deteriorado.
- e) Selección de una intensidad de corriente inadecuada que ocasione una mala estabilidad en el arco eléctrico.
- f) Empleo de una polaridad de corriente incorrecta, la cual ocasionara una mala estabilidad en el arco.
- g) Mala limpieza de la superficie a soldar.
- h) Selección incorrecta del metal de aporte.
- i) Empleo de arco largo durante la utilización de electrodos básicos. En general cuando este defecto es crítico tiene muy mala solución, pues en la mayoría de los casos se hace necesario quitar el cordón de soldadura y volver a soldar.

5. **Socavaduras** o también llamadas mordeduras o acanalado, consisten en una falta de metal en la zona entre el metal de la costura y el metal base. La figura muestra un defecto externo.

Las causas fundamentales que provocan las mismas son las siguientes:

- a) Empleo de una alta intensidad de corriente o de un soplete con excesiva potencia, lo que ocasiona que se funda una parte del metal base y se produzca un surco al lado de la costura.

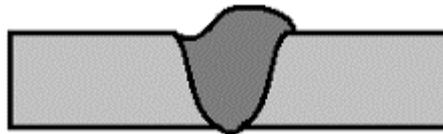


Fig. 2.23 Socavaduras

- b) Un pequeño mantenimiento del terminal del electrodo o la varilla en los límites del cordón durante el movimiento lateral de los mismos, tal como ocurre en los puntos A, B, C, D.

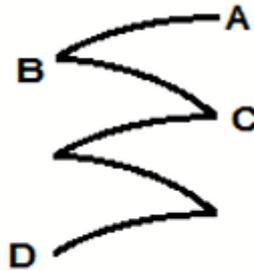


Fig. 2.24 Movimiento del electrodo o la varilla

6. **Inclusiones de escoria.** No son más que materiales sólidos no metálicos. En muchas ocasiones estas pueden quedar atrapadas entre los cordones de soldadura y el metal base o entre los cordones de soldadura, llamándose entonces inclusiones de escoria y constituyendo un defecto interno en las uniones soldadas.

Las causas principales de este defecto son:

- a) Mala eliminación de la escoria. Esto se debe a que el soldador no quito la escoria adecuadamente o no cepillo bien la misma de ejecutar el cordón siguiente. Por esto, es de suma importancia una buena eliminación de esta.
- b) Suciedad en los bordes de soldadura y en la varilla. Las suciedades de los bordes pueden quedar ocluidas en el metal de la costura constituyendo así inclusiones de escoria, igual sucede con el empleo de varillas sucias.
- c) Cordones muy convexo, lo que trae como consecuencia inclusiones de escoria en los extremos del cordón, debido a que se hace muy difícil su eliminación.

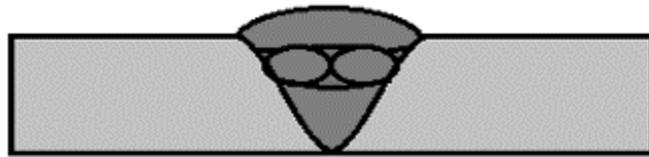


Fig. 2.25 Inclusiones de escoria

7. **Inclusiones metálicas.** No son más que partículas metálicas atrapadas en el metal de la costura durante su solidificación. Se deben fundamentalmente a pedazos de electrodos, varillas u otros elementos metálicos que quedan sin fundir durante el proceso de soldadura. Son en realidad un defecto interno en las uniones soldadas.
8. **Excesivo refuerzo.** No es más que un exceso de metal de la costura que sobresale en la cara superior de la misma y ocasiona una disminución de la resistencia a la fatiga de la unión soldada.

Las causas que originan el mismo son las siguientes:

- a) Rápida fusión del metal de aporte.
- b) Aporte excesivo de metal.

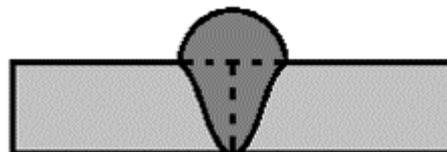


Fig. 2.26 Excesivo refuerzo

- 9. Exceso de penetración.** El exceso de penetración también conocido bajo el nombre de goterón, no es más que un exceso de metal de aporte que sobresale por la cara inferior de la costura, o sea, en la raíz. el exceso de penetración disminuye la resistencia a la fatiga en las uniones soldadas y constituye un defecto externo.

Las causas que originan este defecto son las siguientes:

- a) Intensidad de corriente demasiado alta.
- b) Angulo incorrecto del electrodo respecto a la pieza, el cual en determinadas ocasiones provoca el descenso del metal entre las caras de la raíz.

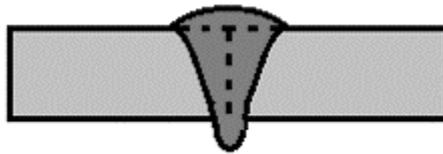


Fig. 2.27 Exceso de penetración

- 10. Cráter.** No es más que una superficie de forma casi circular que se presenta al terminar de utilizar, el operario, cada electrodo y más frecuentemente al terminar de realizar cada cordón. Constituye un defecto externo en las uniones soldadas., se produce por la contracción, durante la solidificación, del metal fundido como resultado de una brusca interrupción del arco eléctrico.

Este defecto puede remediarse hábilmente por el operario aportando una mayor cantidad de metal o alimentando el cráter realizando un ligero retroceso.

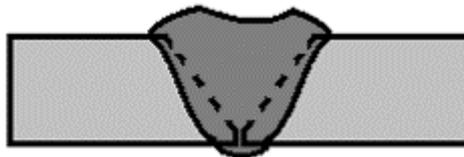


Fig. 2.28 Cráter

- 11. Salpicaduras.** Este defecto se da porque el metal de aporte durante su fusión salpica y se sitúa en pequeñas gotas a los lados de la costura. Este defecto

disminuye el rendimiento del electrodo y constituye un defecto externo en las uniones soldadas.

Las causas que provocan las perdidas por salpicaduras son las siguientes:

- a) Elevada intensidad de corriente.
- b) Arco muy largo, lo cual facilita el chisporroteo del metal durante su paso del electrodo al metal base.
- c) Excesivo soplo magnético.

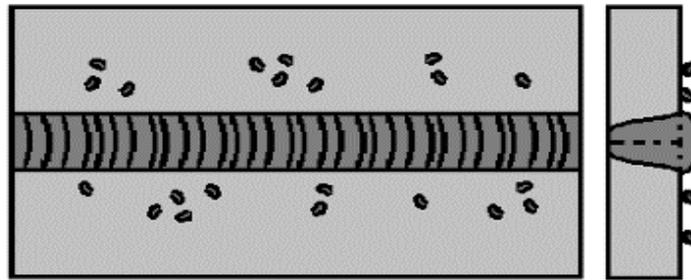


Fig.2.29 Salpicaduras

12. Rechupe. Este defecto consiste en que la cantidad de metal en el cordón de la raíz es tanto que gotea y forma como una especie de cavidad.

Las causas que provocan este defecto son las siguientes:

- a) Intensidad de corriente excesiva alta.
- b) Angulo incorrecto del electrodo con respecto a la pieza, el cual en determinadas ocasiones provoca el derrame del metal en la raíz.
- c) Mucha separación de los bordes.

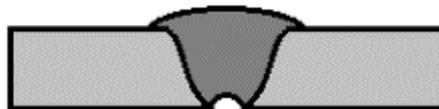


Fig. 2.30 Rechupe

En ocasiones los defectos de fabricación en las uniones soldadas de los equipos, tales como; poros, socavaduras, falta de metal, entre otros, son concentradores de

tensiones y por lo tanto zonas donde puede atacar el agua u otro medio corrosivo y ocasionar grietas por tensocorrosion. ⁶

2.2.9. CONTROL DE CALIDAD DE LAS SOLDADURAS

Las piezas y elementos soldados requieren una verificación sobre la manera como se realiza dicho proceso. También dentro del mantenimiento preventivo se requiere una revisión permanente de estas, pues la presencia de grietas, nudos, escoria y en general imperfecciones y defectos en la soldadura, visibles o no, pueden causar nuevamente el rompimiento o fractura de las piezas.

Es por eso que el control de calidad durante la ejecución del proceso de soldadura es de suma importancia puesto que permite asegurar una perfecta realización de dicho método.

Se controla básicamente si la soldadura cumple con los requerimientos, poniéndose una especial atención al diseño general de los cordones de soldadura, la cual ocasiona múltiples defectos si no se ha realizado en su perfección.

Existen muchos tipos de ensayos utilizados para descubrir las fallas en las soldaduras y en las zonas afectadas térmicamente (ZAT), los dividimos en ensayos no destructivos y ensayos destructivos.

- **Ensayos destructivos.** Este tipo de control se aplica a la elaboración en masa y en serie de piezas de construcción de gran importancia.

El control destructivo consiste en seleccionar unidades o piezas separadas de distintos lotes y controlarlas mediante diferentes pruebas, de acuerdo con la forma de construcción de las mismas y las cargas que van a soportar.

Con este tipo de control se pueden realizar diferentes tipos de pruebas como son: pruebas de tracción, de flexión, resistencia al impacto, de resistencia a la fatiga, metalográficas y de dureza.

- **Ensayos no destructivos.** Estos ensayos radican en inspeccionar los defectos internos y externos de las uniones soldadas sin causar la rotura de las mismas.

⁶ O. H. Rodriguez Perez, Defectos y controles de las uniones soldadas, La Habana, 2014, pp. 12-24

Existen diferentes tipos de controles no destructivos, estos son: control visual, líquidos penetrantes, ultrasonidos, partículas magnéticas, control radiográfico (rayos gama y rayos X).⁶

2.2.10. INCIDENCIA DE LOS END EN LA CALIDAD

En la actualidad no se puede construir y operar una instalación industrial, petrolera, automotriz, aeronáutica, naval, civil, química, entre otras, sin recurrir al control de calidad, y a la inspección de los componentes en operación mediante el uso de los ensayos no destructivos. Los END son una de las herramientas básicas para la evaluación de la integridad de los equipos industriales, posibilitando además la extensión de vida útil de los mismos. (Jose Maria Carpintero Pino, 2011)

2.3. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Se denomina ensayo no destructivo (END), a cualquier tipo de prueba practicada a un material, sin alterar de manera permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.

Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la pieza evaluada.

En proceso de soldeo de soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido (MMA), el aumento de temperatura produce una serie de acontecimientos que dan lugar a situaciones de riesgo para el material y que aumenta por la acción de los agentes externos como oxígeno, nitrógeno, hidrogeno, etc., además del riesgo de atrapar escoria, existencia de poros, fisuras por tensiones, entre otros. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma.

⁶ O. H. Rodriguez Perez, Defectos y controles de las uniones soldadas, La Habana, 2014,

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

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

Metrología. Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado.

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

2.3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Entre los ensayos no destructivos más comunes se encuentran:

- Inspección visual
- Ultrasonido
- Análisis de aceite y ferrografía
- Análisis de vibraciones y análisis de ruido
- Corrientes inducidas
- Inspección por líquidos penetrantes
- Inspección por partículas magnéticas
- Inspección por ultrasonido
- Radiografía
- Termografía

2.3.2. ELECCIÓN DEL MÉTODO

Para realizar la mejor elección del método y de la técnica hay que tener presente, tanto la naturaleza del material como su estado estructural; por lo tanto se deben conocer los procesos de elaboración a que ha sido sometido, así como el tamaño y forma de la pieza a examinar. Teniendo en cuenta todos estos parámetros nos vamos a enfocar en la inspección visual, por líquidos penetrantes y ultrasonidos en el

control de calidad de los cordones de soldadura de la cubierta del centro de investigaciones de ciencias agropecuarias.

2.3.3. INSPECCIÓN VISUAL

Es una de las pruebas no destructivas más utilizadas, gracias a ella, es posible obtener información inmediata de la condición superficial de los materiales que estén siendo evaluados ya que permite observar muchas características de una unión soldada, algunas relacionadas con las dimensiones y otras acerca de la presencia de discontinuidades de las piezas soldadas.

Como su nombre lo indica, el ensayo o inspección visual consiste en recorrer detenidamente la superficie, en este caso de la soldadura y con la ayuda de lupa, linterna, galgas e instrumentos de medición, identificar discontinuidades y determinar si dicha unión tiene una calidad adecuada para su aplicación.

Para definir esto el inspector comparara lo observado con las características y criterios de aceptación de calidad en soldadura, los cuales provienen de diversas fuentes, como dibujos de fabricación que muestren el tamaño de los cordones permitidos, su longitud precisa y ubicación requerida. Estos requisitos dimensionales han sido establecidos a través de cálculos tomados de diseños que cumplen los estándares de la unión soldada.

Dentro del proceso de inspección visual, el tamaño de la soldadura es muy importante, ya que afecta directamente a la resistencia mecánica de la unión y sus relativas consecuencias en caso de no ser adecuado. Las discontinuidades en los cordones son muy importantes ya que son las imperfecciones interiores o adyacentes a la soldadura las que disminuyen la resistencia para la cual fue diseñada. Las discontinuidades, de inaceptables dimensiones y localización, se denominan defectos de soldadura, y pueden ser causadas de falla prematura.

Tipos de exámenes visuales

Los cuatro tipos de examen visual que determina el código ASME XI son:

Tipo VT-1. Se realizaran para determinar el estado general del componente, parte o superficie incluyendo la detección de grietas, desgaste, corrosión, erosión o cualquier daño físico de las superficies objeto del examen. Para esta categoría de examen se pueden usar espejos que mejoren el ángulo de visión. También se pueden sustituirlos exámenes directos por medios auxiliares como telescopios, fibras ópticas, cámaras, lupas, entre otras.

Tipo VT-2. Este procedimiento se aplicara durante la ejecución de pruebas de presión funcionales o de sistemas, para localizar indicaciones de fugas en los componentes que retienen presión, o fugas anormales en los componentes con sistemas recolectores de fugas.

Tipo VT-3. Se realizaran para determinar el estado mecánico y estructural de los componentes que retienen presión, incluyendo detección de partes sueltas, productos de corrosión anormal, desgastes, erosión, corrosión y pérdida de integridad de las conexiones soldadas y atornilladas.

Tipo VT-4. Se realizaran para determinar el estado de operabilidad de los componentes o dispositivos como amortiguadores hidráulicos o mecánicos, soportes de bombas, bombas, válvulas y soportes colgantes de carga constante o variable.

2.3.4. INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados. Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar.

El método o prueba de líquidos penetrantes está basado en el principio físico conocido como capilaridad, el cual consiste en que los fluidos gracias a su tensión superficial originan una cohesión entre las moléculas superficiales y resisten una determinada tensión. De esta manera un primer líquido con baja tensión superficial penetra los poros y es retenido en las discontinuidades y fisuras.

Las aplicaciones de esta técnica son amplias, y van desde la inspección de piezas críticas como son los componentes aeronáuticos hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico. Se pueden inspeccionar materiales metálicos, cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, entre otros. Una de las desventajas que presenta este método es que sólo es aplicable a defectos superficiales y a materiales no porosos. ⁵

La técnica por líquidos penetrantes consiste en la aplicación sobre la pieza, luego da la limpieza de la misma, de un líquido penetrante de un color generalmente rojo de baja viscosidad que, en función de esto, impregna por capilaridad las discontinuidades existentes. Después de esto se limpia nuevamente la pieza por medio de un líquido removedor, cuya función es la de eliminar el exceso de líquido que ha quedado en la superficie, para aplicar posteriormente otro líquido llamado revelador que normalmente tiene talco en suspensión. El líquido penetrante aprisionado en la discontinuidad de la pieza será absorbido por el revelador y como el primero posee una coloración roja, mostrara las discontinuidades existentes.

2.3.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Se asignan la letra “A” a todos aquellos que son de tipo fluorescentes y la letra “B” a los que son visibles o contrastantes; los números se asignan en función a la técnica de remoción empleada, siendo el 1 para los lavables con agua, el 2 para los postemulsificantes y el 3 para los removibles con solvente.

⁵ Jose Mria Carpintero Pino, Manual de Soldadura Basico, Bogota, 2011, pp. 93-97

CIMM-END 04.01 Técnicas de ensayo mediante líquidos penetrantes visibles removibles con solvente ASTM E-1220-92	Materiales no porosos metálicos, ferrosos o no ferrosos. Materiales no metálicos como vidrio o cerámicos de alta densidad y ciertos plásticos no porosos.
CIMM-END 04.02 Técnicas de ensayo mediante líquidos penetrantes fluorescentes removibles con solvente ASTM E-1219	Materiales no porosos metálicos, ferrosos o no ferrosos. Materiales no metálicos como vidrios o cerámicos de alta densidad y ciertos plásticos no porosos.
CIMM-END 04.03 Técnicas de ensayo mediante líquidos visibles lavables con agua ASTM E-1219	Materiales no porosos metálicos, ferrosos o no ferrosos. Materiales no metálicos como vidrios o cerámicos de alta densidad y ciertos plásticos no porosos

Tabla 2.4

2.3.4.2. TÉCNICAS DE LA INSPECCIÓN

El proceso de ensayos mediante líquidos penetrantes se divide en diferentes etapas las cuales son:

1. Limpieza de la superficie a examinar.

Para desarrollar la etapa de limpieza y preparación de la superficie de la muestra, esta debe encontrarse limpia y seca para que las discontinuidades se encuentren libres de cualquier contaminante.

Para el proceso de limpieza pueden ser usados agentes típicos de limpieza como detergentes, solventes orgánicos, soluciones decapantes y removedores de pintura.

Después de la limpieza, el secado de las superficies a inspeccionar debe ser realizado normal o con aire caliente; el periodo de tiempo debe ser establecido para asegurar que la solución limpiadora se haya evaporado.

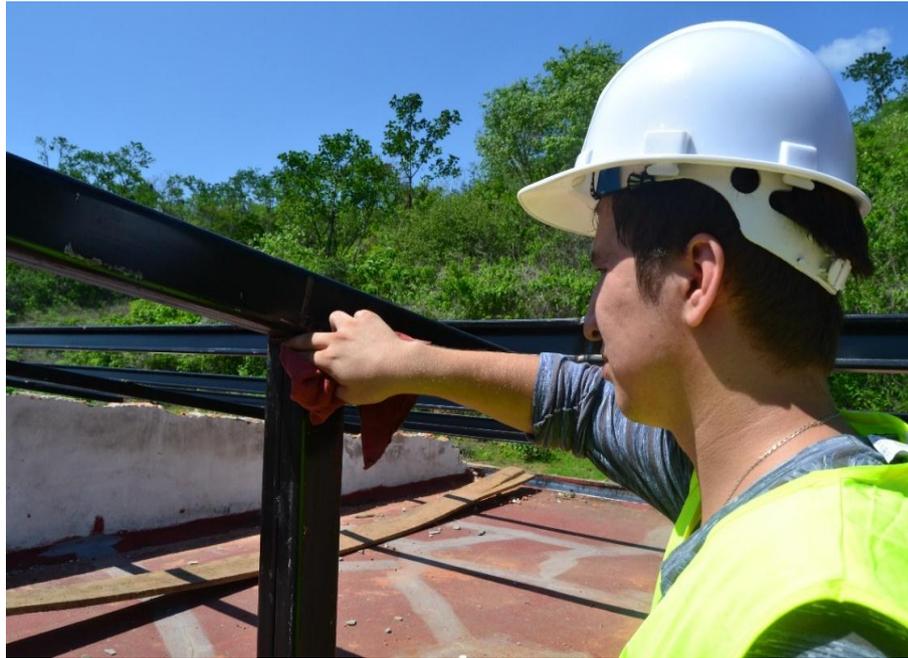


Fig. 2.31 Limpieza y preparación de los cordones de soldadura

2. Aplicación del penetrante

En esta etapa procederemos a aplicar el líquido penetrante sobre la superficie de la muestra, este proceso se puede realizar con brochas o por aspersion, de modo que penetre completamente en las discontinuidades. El tiempo que se deje el penetrante para que penetre en los defectos varía en función de la clase de material y del tipo de fabricación que por lo general está entre 10 y 15 minutos



Fig. 2.32 Aplicación del Penetrante

3. Remoción del exceso del penetrante

Una vez ya culminado el tiempo de penetración se procede a eliminar el exceso del penetrante el cual no se introdujo en las discontinuidades. Esta etapa es de gran importancia, pues en ella depende en gran parte la sensibilidad del método.

Esta limpieza se la hace con un removedor especial el cual se aplica en la superficie de la muestra con un pañuelo, ya que esta limpieza tiene que ser muy meticulosa.



Fig. 2.33 Limpieza del exceso del penetrante

4. Aplicación del Revelado.

La aplicación del revelado consiste en depositar sobre la superficie de la pieza una capa de una sustancia absorbente, la cual atrae al penetrante que se encuentra en el interior de los defectos. El revelador debe permanecer sobre la superficie de la pieza aproximadamente el mismo tiempo que se dio de penetración, esto con el fin de dar tiempo al revelador para que extraiga al penetrante a la superficie y forme una indicación de fácil apreciación.



Fig. 2.34 Aplicación del Revelador

5. Observación de discontinuidades

Después de que ha transcurrido el periodo de revelado, la pieza esta lista para la evaluación. En esta etapa es importante considerar el tipo de iluminación, el cual se determinara de acuerdo al proceso utilizado. Se emplea iluminación normal (luz blanca) para el método de penetrante visible e iluminación ultravioleta (luz negra), para el método de penetrante fluorescente. La correcta evaluación de las indicaciones depende principalmente de la habilidad y de la experiencia del inspector para encontrar las discontinuidades.



Fig. 2.35 Observación de discontinuidades

2.3.5. INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO

Las ondas ultrasónicas son ondas de la misma naturaleza que las ondas sónicas, transmitiéndose por tanto a la misma velocidad en el mismo medio, pero tienen una frecuencia mayor, por lo tanto no resultan audibles. Las frecuencias utilizadas varían para las distintas aplicaciones, desde 10-100 kHz. Las ondas ultrasónicas utilizadas para el control de los materiales metálicos y uniones soldadas se encuentran en la zona de frecuencias comprendidas entre 0,2 Mhz y 25 MHz

El ensayo ultrasónico es el método de END más extendido. Los equipos de ultrasonido se basan en la medición del tiempo de vuelo de un pulso ultrasónico, la velocidad de propagación de la onda en el material que se examina, la cual es una constante para cada material.

Sus aplicaciones, dentro del ámbito de los materiales, se pueden localizar en distintos campos, como por ejemplo: en procesos de salificación, tratamientos térmicos, mecánicos y superficiales, en procesos de soldadura y, fundamentalmente, en el control de calidad de materiales estructurales en sus diferentes aspectos.

Para conocer la aplicación de los ultrasonidos al control de calidad de los materiales se deben tener en cuenta algunas de sus aspectos básicos, comenzando por la existencia de distintos tipos de ondas ultrasónicas, tales como longitudinales, transversales y de superficie.

Ondas longitudinales. Son aquellas en las que las oscilaciones se producen en la dirección longitudinal, o sea según la dirección de propagación, denominándose también ondas de presión y compresión, debido a que en ellas se encuentran activas fuerzas de dilatación y compresión, transmitiendo el sonido a través de líquidos y sólidos. Prácticamente todos los palpadores de ultrasonidos emiten ondas longitudinales, a partir de las cuales se generan los tipos restantes de ondas. La velocidad de transmisión de las ondas longitudinales, para un material determinado será:

$$V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} * \frac{1 - \mu}{(1 + \mu)(1 - \mu)}}$$

Siendo: E = módulo de elasticidad

ρ = densidad

μ = relación de Poisson

Ondas transversales. Al sufrir una excitación como consecuencia de aplicar fuerzas cortantes, las partículas no oscilan según la dirección de propagación sino transversalmente a ella. En los sólidos, la fuerza cortante se transmite a las partículas de los planos adyacentes, dando lugar a oscilaciones transversales retardadas según su distancia al plano de excitación, denominándose también ondas de cizalladura y su longitud de onda queda determinada por la distancia entre los planos en los que las partículas se encuentran en similar estado.

Las ondas transversales se utilizan sobre todo en los ensayos no destructivos de piezas sometidas a soldeo.

La velocidad de transmisión de las ondas transversales tiene la siguiente expresión:

$$V_T = \sqrt{\frac{E}{\rho} * \frac{1}{(1+\mu)}} = V_T = \sqrt{\frac{1-2\mu}{2(1-\mu)}}$$

Ondas superficiales. Se propagan únicamente en la periferia plana o curva del sólido, siguiendo las irregularidades de la superficie o su contorno, siendo su velocidad de propagación, al igual que la de las ondas longitudinales y transversales, independiente de la frecuencia y por tanto es una constante del material, si bien varía con el estado de tensiones de la superficie. A una profundidad del orden de una longitud de onda, las partículas se encuentran prácticamente en reposo, ya que al sobrepasar la superficie la amplitud de la oscilación decrece muy rápidamente. Este tipo de ondas es muy apropiado para detectar defectos en superficies de poca rugosidad.(Cebrian, 2013)

$$V_S = \frac{0,87 + 1,12\mu}{1 + \mu} \sqrt{\frac{E}{\rho} * \frac{1}{2(1 + \mu)}} = V_T \frac{0,87 + 1,12\mu}{1 + \mu}$$

2.3.5.1. GENERACIÓN DE ONDAS ULTRASÓNICAS

Las ondas de ultrasonido son generadas por cristales que oscilan rápidamente en un campo eléctrico alterno, y tienen un rango de frecuencia de más de 20 kilohertz más altas de lo que puede detectar el oído humano. Las fuentes de generación de ondas son estructuras cristalinas con respuesta derivada del efecto piezoeléctrico que presentan algunos materiales. O sea, son transductores de los campos eléctricos alternos en vibraciones mecánicas, o viceversa.

Las ondas ultrasónicas corresponden al margen superior de frecuencias del espectro de ondas acústicas cuyo límite inferior se encuentra en el entorno de los 16 KHz, siendo las más utilizadas en ensayos de materiales entre los 0,5 y 10MHz. El palpador transmite ondas, en forma de impulsos, al material a ensayar mediante la vibración del cristal piezoeléctrico, que se encuentra en contacto con la superficie de la pieza. El efecto piezoeléctrico es el fenómeno físico más utilizado, en los ensayos no destructivos para la emisión y recepción de ondas ultrasónicas.⁷

2.3.5.2. DESCOMPOSICIÓN DE ONDAS ULTRASONICAS

Las ondas ultrasónicas, dentro de un medio, sufren los siguientes fenómenos:

Reflexión. Incide sobre una superficie de propiedades elásticas distintas al medio en que se propagan, parte de su energía es reflejada por esa superficie en la dirección en que se forma, este fenómeno es el causante del eco en el instrumento de ensayo.

⁷ S. Barroso Herrero, Procesos y puestas en servicio, Madrid, 2013, pp, 269-271

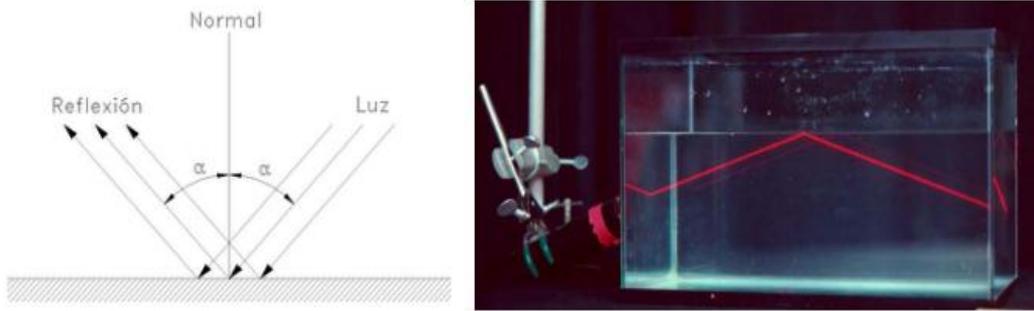


Fig. 2.36 Reflexión de una onda

Fuente. Manual de ultrasonidos, departamento de aeronáutica, Claudio Rimoldi, 2013.

Refracción. Es la parte restante de la onda que penetra en el segundo medio, con dirección distinta a la de la onda incidente, pero tal que la relación entre los senos de los ángulos, respecto a la normal, que forma el rayo incidente y el que penetra sea constante.

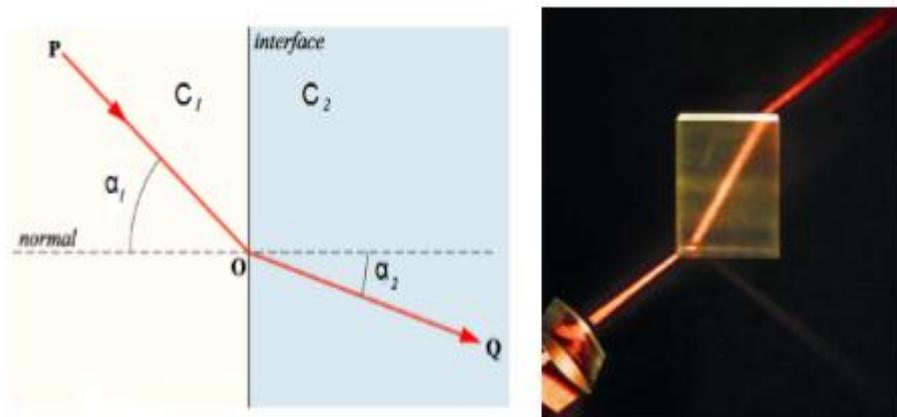


Fig. 2.37 Refracción de una onda

Fuente. Manual de ultrasonidos, departamento de aeronáutica Claudio Rimoldi 2013.

Existe una ley similar a la aplicada en óptica, que relaciona el ángulo de la onda incidente con el de la onda refractada directamente con las velocidades del sonido en ambos medios, esta se conoce como la LEY DE SNELL, y es aplicable a todo tipo de ondas independientemente de si se está trabajando con la componente reflejada o refractada.

$$\frac{\text{Sen } \alpha_1}{\text{Sen } \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

Donde.

α_1 = Angulo de incidencia de la onda incidente

α_2 = Angulo de incidencia de la onda refractante

C_2 = Velocidad del sonido en el medio de la onda refractada
 C_1 = Velocidad del sonido en el medio de la onda incidente ⁸

El haz ultrasónico. Es el ancho del haz sonoro, por lo general es considerado constante en toda su longitud. En realidad el haz es totalmente recto. Si medimos la intensidad del haz sonoro a varias distancias del palpador, nos daremos cuenta que es posible distinguir tres zonas, las cuales son: zona muerta, zona de campo cercano o zona de Fresnel, y zona de campo lejano o zona de Fraunhofer.

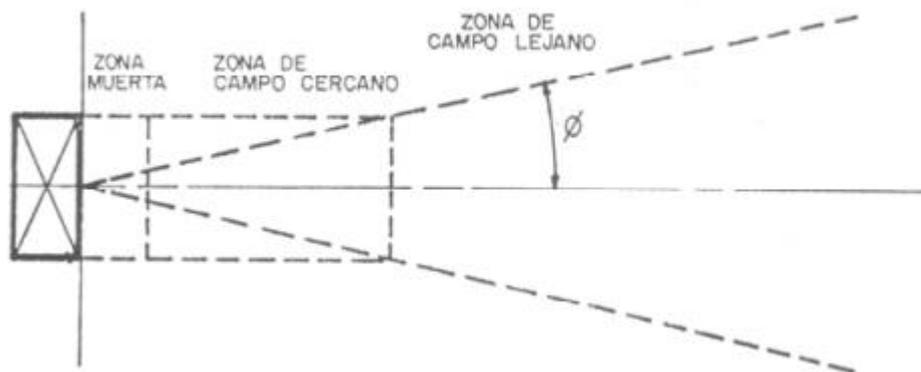


Fig. 2.38 Haz de ultrasonido

2.3.5.3. EQUIPOS DE ULTRASONIDOS

Para realizar los ensayos no destructivos por ultrasonidos es necesario disponer de una fuente de emisión, provocar la interacción de las ondas ultrasónicas con las piezas de ensayo y por último, registrar las indicaciones que resulten del ensayo.

Existe una gran variedad de equipos de ultrasonidos para ser utilizados en ensayos no destructivos. Así, según se trate de resolver problemas de defectología e

⁸ Claudio Rimoldi, Departamento de aeronáutica, manual de ultrasonidos, 2013

identificación de heterogeneidades; problemas de caracterización, naturaleza y estado de los materiales; o problemas de metrología, control de espesores en fabricación o mantenimiento; los equipos diferirán entre sí. Por lo tanto, cada situación requerirá la adecuación de las distintas características básicas de diseño, entre las que se encuentran las siguientes:

- **Sistemas de excitación de los ultrasonidos.** El más utilizado es el de excitación por impulsos, en el que el cristal se excita durante un tiempo muy dilatado si se le compara con aquel. De esta forma el cristal emisor puede actuar también como receptor mientras esta en reposo, lo que no es posible realizar con los excitadores continuos.
- **Frecuencia de excitación y dimensionado del cristal piezoeléctrico.** Es necesario seleccionar la frecuencia máxima que permita una penetración suficiente, lo que está en función del espesor del material y de su coeficiente de atenuación. Esto es consecuencia de que el poder de penetración del haz ultrasónico disminuye rápidamente con la frecuencia, por lo que si esta se eleva demasiado, puede ocurrir que el haz se atenué considerablemente antes de alcanzar las heterogeneidades. Para determinar las dimensiones óptimas del cristal piezoeléctrico es necesario conocer todos los detalles del ensayo, como son: tamaño de las piezas, tipo del material y su estado, coeficiente de atenuación, tamaño mínimo de las heterogeneidades y su posición respecto a la superficie de exploración.
- **Sistema de emisión y recepción de los ultrasonidos.** Los métodos de operación son de resonancia, de transparencia o de sombra y de reflexión; que se caracterizan, a su vez, por la magnitud medida: frecuencia de resonancia, intensidad acústica, tiempo de recorrido de los ultrasonidos y la combinación de estos dos últimos. El más utilizado para defectología, caracterización y metrología, además de por su versatilidad, es el de reflexión mediante la medida de la intensidad de la onda y del tiempo de recorrido. En la figura se representa el esquema de un equipo generador de ultrasonidos, en el que se representa sobre la pantalla el impulso inicial, el impulso de reflexión de la superficie que corresponde al eco de fondo y las posibles reflexiones en las discontinuidades o

defectos que son los que aparecen, entre el impulso inicial y el eco de fondo, en un punto de la pantalla equivalente al de la localización del defecto con respecto a la superficie de entrada y la del fondo de la pieza ensayada. ⁷

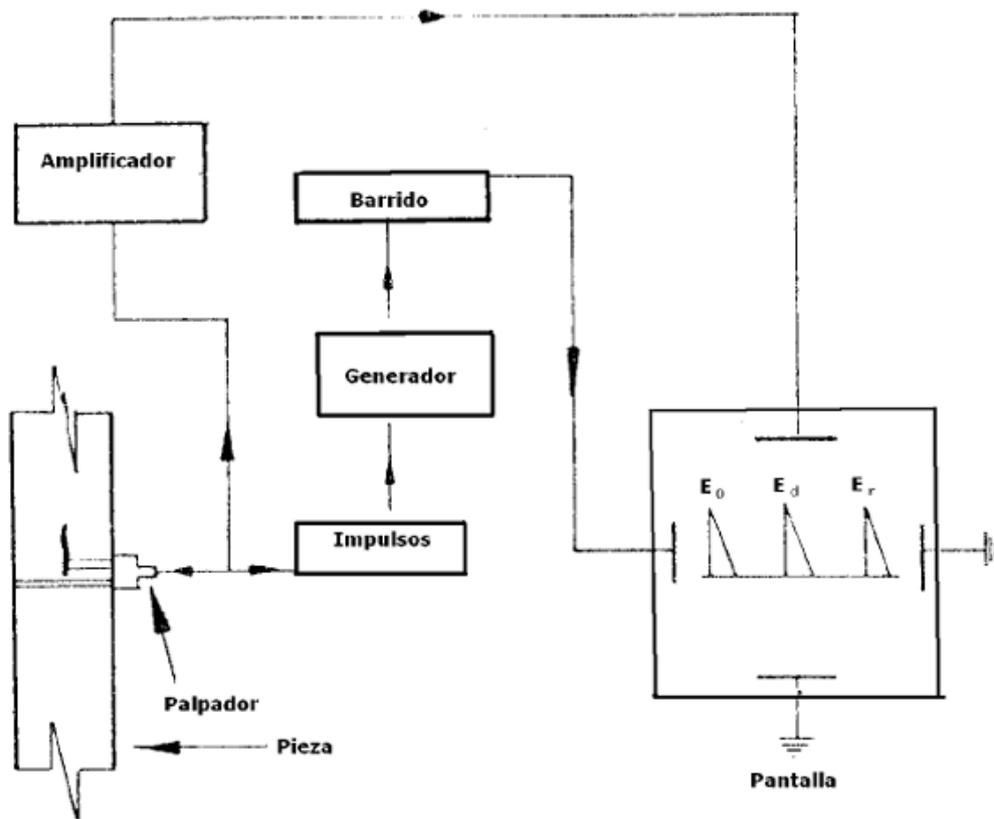


Fig. 2.39 Equipo de ultrasonidos

2.3.5.4. EQUIPO EPOCH 1000I

Son equipos portátiles de END por ultrasonidos que sirven para detectar defectos en soldaduras, tubos y muchos otros materiales estructurales e industriales. Estos equipos ofrecen prestaciones ultrasónicas excelentes, están dotados de una interfaz gráfica intuitiva, un gran rango dinámico, una gran resolución de media y una pantalla transreflectiva de cristal líquido. A diferencia de los otros detectores de defectos, el EPOCH ofrece un mayor rendimiento y durabilidad. ⁹

⁷ S. Barroso Herrero, Procesado y puesta en servicio de materiales, Madrid, 2013,

⁹ EPOCH 1000, Manual de Usuario, 2009

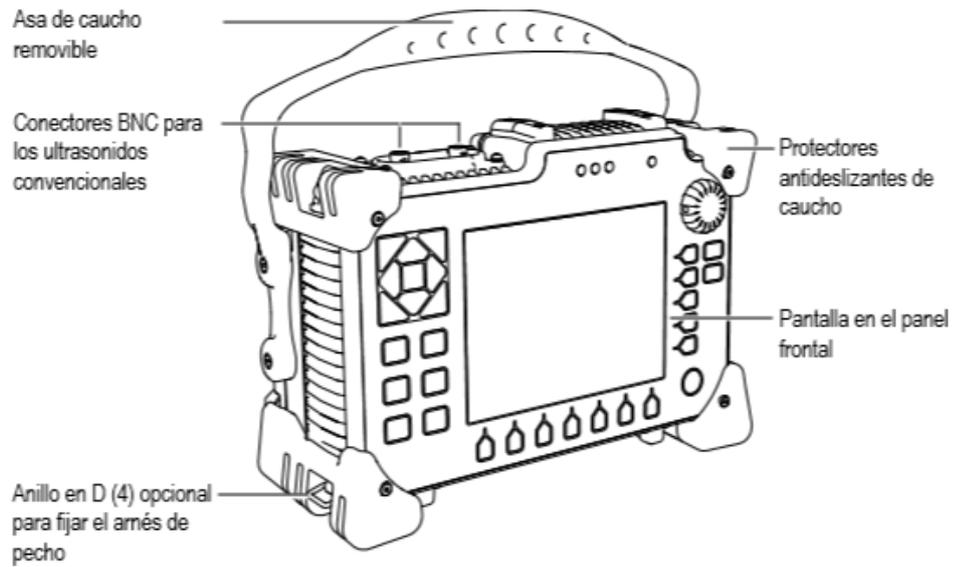


Fig. 2.40 Parte frontal del equipo de ultrasonido

Fuente. Manual de usuario Epoch 2009

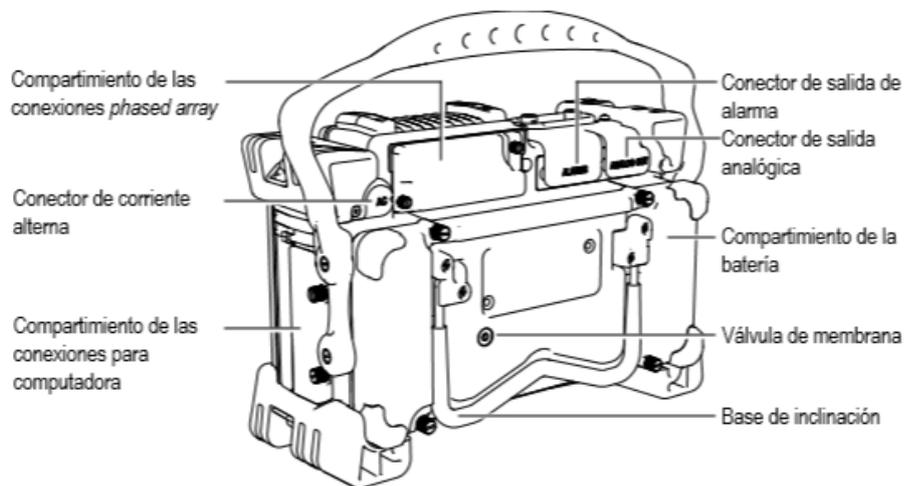


Fig. 2.41 Parte posterior del equipo de ultrasonido

Fuente. Manual de usuario Epoch 2009

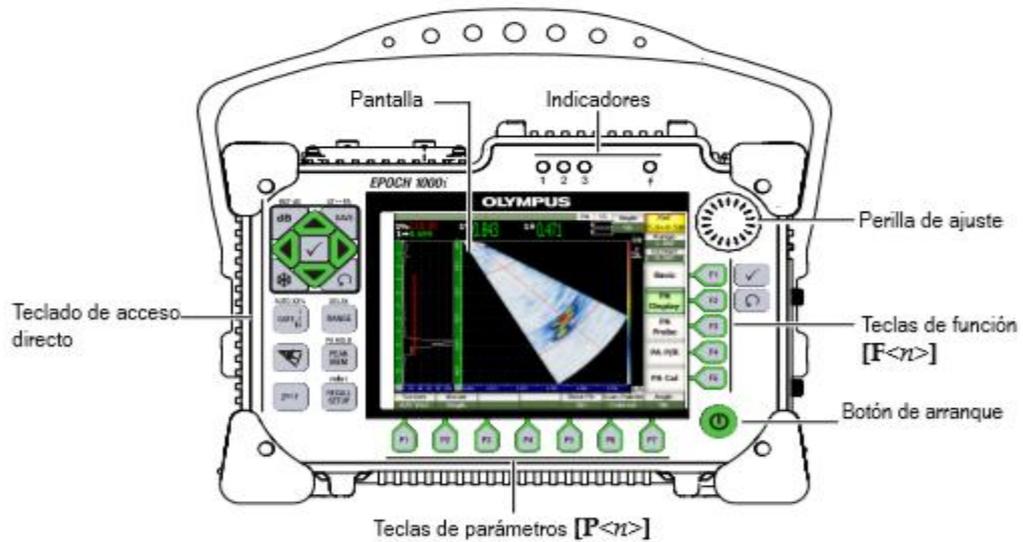


Fig. 2.42 Elementos del panel frontal

Fuente. Manual de usuario Epoch

2.3.5.5. FACTORES IMPLICADOS EN LA TRANSMISIÓN DE ULTRASONIDOS

Los factores que influyen la transmisión de los ultrasonidos a través de la superficie de exploración de la muestra son los siguientes:

Medio de acoplamiento. Como consecuencia de la necesidad de emplear medios acústicamente conductores entre el transductor y la muestra, ya que en la técnica por contacto la película de aire existente entre ambos impediría la transmisión de casi la totalidad de la presión acústica incidente, se utilizan aceites minerales y grasas como medio de acoplamiento. En los ensayos por inmersión, el medio de acoplamiento es el propio líquido que rodea a la muestra.

Condición y estado de acabado de la superficie de exploración. La cascarilla de óxidos o los recubrimientos, consecuencia de tratamientos térmicos, termomecánicos o de protección, presentan faltas de adherencia con el material base que dan lugar a sensibles mermas de la presión acústica incidente debido a la existencia de la película de aire interpuesta. Por otra parte, la rugosidad de la superficie de la muestra

disminuye la transmisión de la presión acústica y produce cambios en la dirección del haz, además de generar ondas parasitas superficiales.

Curvatura de la superficie de exploración. La curvatura de la superficie de exploración produce fenómenos de cambio en la divergencia del haz, dificultando su focalización lo que da lugar a falsas indicaciones. Estos fenómenos dependen del sentido de la curvatura de la superficie de exploración y del tipo de ensayo.

Frecuencia de excitación y diámetro del cristal. Cuando mayor sea la longitud de onda, mayor será la rugosidad crítica y, en consecuencia, se estará más lejos de las condiciones que den lugar a fenómenos de interferencia y a disminuciones de la presión acústica. Cuanto mayor sea el grado de rugosidad superficial, será más aconsejable reducir la frecuencia, dentro del margen que permita alcanzar el nivel de sensibilidad y la capacidad de resolución requeridos, compensando otros efectos desfavorables mediante empleo de transductores de mayor diámetro, focalizantes, o de doble cristal.

Métodos de transmisión y recepción directa

En este método se necesitan dos transductores o cabezales, uno emisor y el otro receptor. El cabezal emisor se coloca de un lado de la pieza y se encarga de recibir la energía no reflejada por los defectos en el interior de la pieza y convertirá en impulsos eléctricos registrados en un indicador. En el caso de no existir defectos se nota como un cabezal receptor recibe el 100% de la energía, sin embargo, en los casos en que existen defectos parte de la energía se refleja y en el cabezal receptor se recibe una parte de la energía emitida.

Para evitar pérdidas de energía en las superficies de contacto entre el transductor y la pieza, se coloca una capa de aceite o grasa para eliminar la presencia de aire entre ambos, además, esto favorece la transmisión de ondas, debido a que estas no se transmiten en el aire.

Transductores. Son dispositivos que convierten la energía eléctrica en vibraciones mecánicas y viceversa. Los transductores o palpadores son una de las unidades básicas del equipo de ultrasonido y por lo tanto se deben integrar como parte del mismo, ya que de ellos dependen las características y cualidades del haz de ultrasonidos que se propaga en el material, básicamente existen cuatro tipos

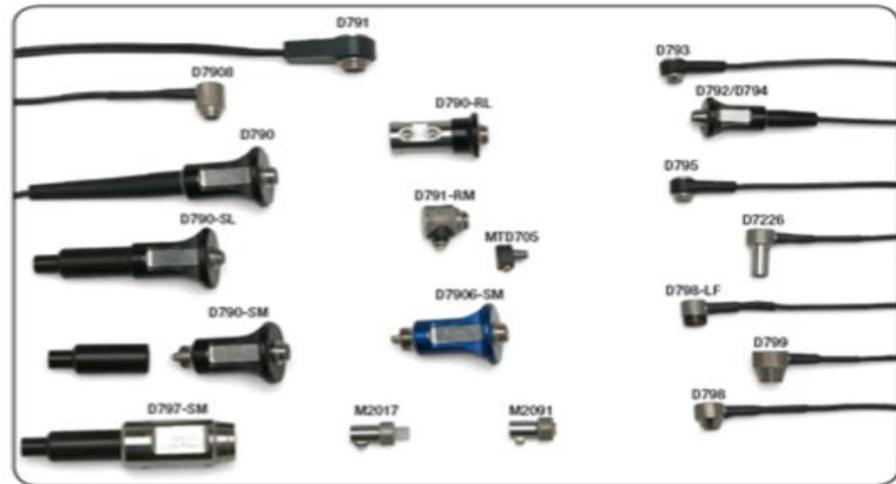


Fig. 2.43 Tipos de Transductores

Transductores simples o de contacto. Estos son aplicados directamente a la superficie del objeto bajo prueba para medir el espesor o detectar discontinuidades.

Transductores longitudinales de elemento doble. Estos se aplican principalmente para pequeños defectos.

Transductores de inmersión. Se utilizan para formas geométricas irregulares, son sumergibles en líquido para su uso.

Transductores de haz angulas o transversal. Son de contacto esencialmente modificados y diseñados para dirigir el haz de ultrasonido fuera de la incidencia normal a la superficie de entrada de la pieza que se está inspeccionando.

Transductores de incidencia normal. La mayor parte de ellos llevan oscilaciones que emiten ondas longitudinales. Un palpador de incidencia normal consta de una montura metálica, el amortiguador, el cristal, los electrodos, la conexión y el hilo conductor.

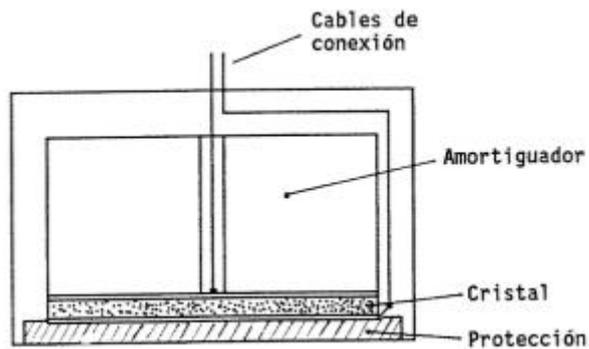


Fig. 2.44 Transductor Normal

Palpadores angulares. Consisten en un oscilador de ondas longitudinales montado mediante una fina capa de adhesivo sobre una de las caras de un prisma de plástico. Este prisma tiene un ángulo de incidencia comprendido entre $27,6^\circ$ y $57,8^\circ$ para muestras de acero, con el fin de que, de los dos tipos de ondas transmitidos, queden anuladas las longitudinales, pudiendo trabajar solamente con ondas transversales. En este tipo de palpadores es preciso tener bien determinado el punto de salida del haz y el ángulo real de refracción.

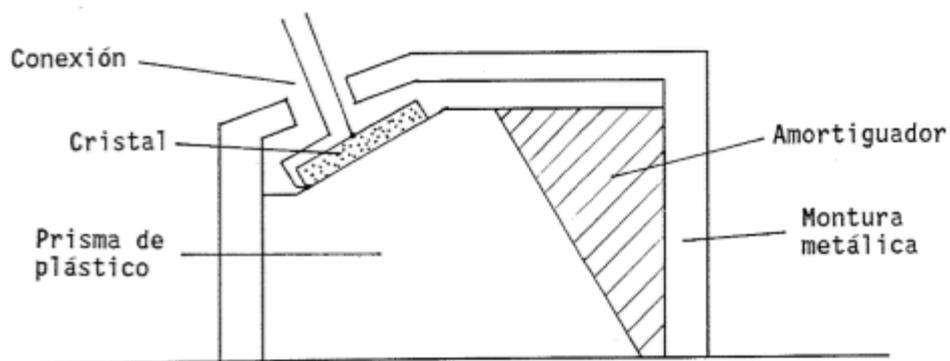


Fig. 2.45 Transductor Angular

2.3.5.6. MÉTODOS DE INSPECCIÓN

Los métodos empleados para la inspección son:

Impulso-eco. En esta técnica el transductor transmite un impulso de sonido de alta frecuencia dentro del material y en la superficie opuesta u otras superficies de la

pieza, el sonido reflejado se recibe en discontinuidad; este sonido reflejado recibe el nombre de eco y junto con la pulsación original se muestra en la pantalla del osciloscopio.

Transmisión. Una vez introducida la onda longitudinal en la pieza a inspeccionar es prescindible medir la presión sonora en cualquier otro punto para verificar el estado de la pieza. Como receptor de la presión del sonido sirve un palpador de construcción idéntica a la del emisor y es en este último donde se produce el fenómeno llamado piezoeléctrico.

ENSAYO ULTRASONICO DE SOLDADURAS

La inspección de soldaduras mediante el ensayo ultrasónico se realiza aplicando técnicas de reflexión por impulso-eco con ondas transversales utilizando palpadores angulares.

En la figura 2.43 se muestra la disposición típica correspondiente al ensayo de soldaduras. El haz de ultrasonido, en forma de pulsos de corta duración, ingresa en la chapa soldada con un cierto ángulo, sufre una primera reflexión en la cara opuesta de la chapa atravesando luego la sección de la soldadura y sufriendo excesivas reflexiones. Si en la sección de soldadura existe un defecto, parte a la totalidad de la energía ultrasónica, según la amplitud del reflejo, es reflejada y vuelve al palpador que actúa como receptor recoge la señal y la transmite al equipo ultrasónico.

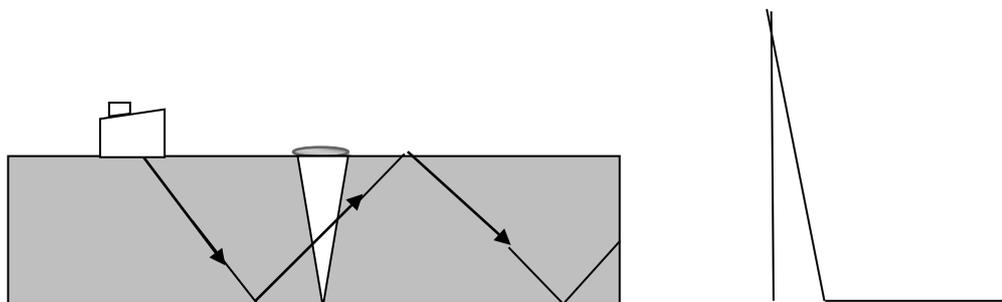
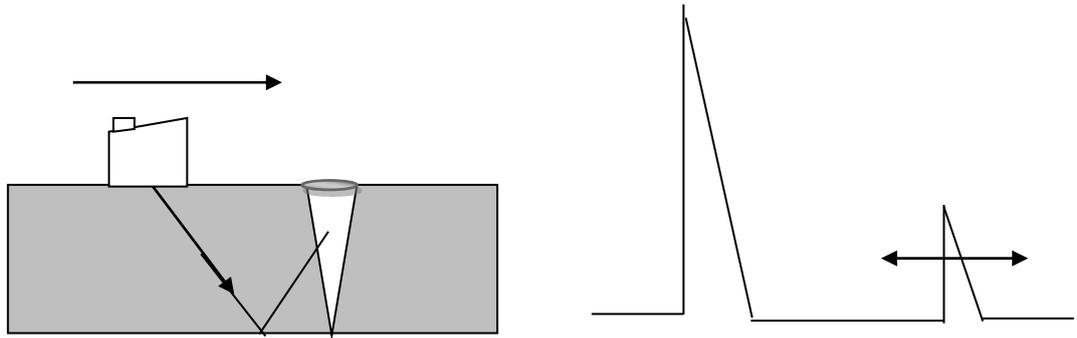
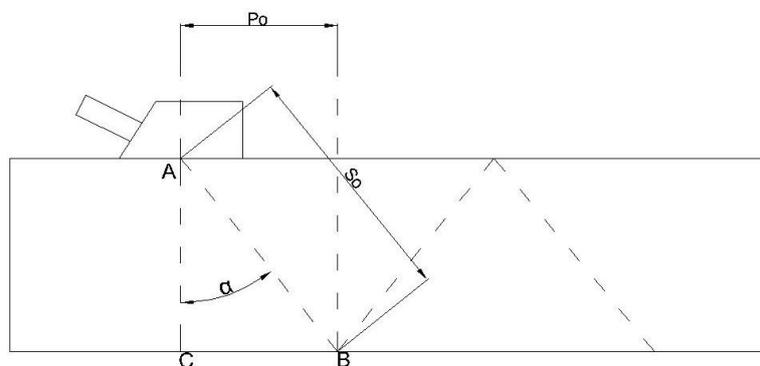


Fig. 2.46 Ensayo de soldadura por reflexión sin discontinuidad

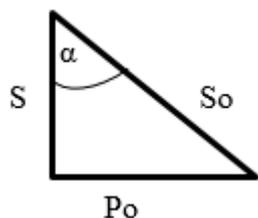


Preparación del ensayo de soldaduras por ultrasonidos. Antes de iniciar el debido ensayo es necesario hacer una observación visual de las uniones soldadas con el fin de determinar las condiciones geométricas de la misma como: grado de penetración, tipo de raíz, sovocaduras en los bordes del cordón, geometría de la pieza, diferencia de espesores en las chapas y toda la información requerida. También con esto vamos a asegurar un buen acoplamiento durante el ensayo y ahorrar más tiempo en la inspección, ya que tiene que haber una preparación previa de la superficie en las zonas por donde se desplaza el palpador.

Angulo del ensayo en soldaduras. La selección del ángulo de ensayo, dado aproximadamente por el ángulo nominal del palpador. La exploración total de la sección de soldadura debe hacerse con el menor recorrido del haz y que el haz deber encontrar al plano del defecto con un ángulo lo más próximo a la normal.



En la figura 2.46 se indica el trayecto correspondiente del palpador con un ángulo nominal.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_0}{S}$$

$$P_0 = S \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Donde:

P_0 = Distancia del salto

S = Espesor de la plancha

α = Ángulo de onda transversal

Los valores aconsejados para la inspección de soldaduras de distintos espesores con juntas a tope, se muestran en la tabla.

ESPESOR	ANGULO	$\operatorname{tg} \alpha$	$S \cdot \operatorname{tg} \alpha$
< 5 mm	80°	5,67	< 28 mm
5 – 15 mm	70°	2,75	14 – 40 mm
15 – 30 mm	60°	1,73	26 – 52 mm
30 – 60 mm	45°	1	30 - 60 mm
> 60 mm	35°	0,70	> 42 mm

Tabla 2.2 Valores del ángulo nominal del palpador para el examen de soldadura.

Procedimiento de exploración. Seleccionando el palpador que mejor se adapte al caso particular del ensayo, es necesario establecer que desplazamiento se debe aplicar al palpador para asegurar la exploración de toda la sección de la soldadura.

Desplazamiento transversal del palpador. El primer movimiento fundamental que se le imprime al palpador es en sentido perpendicular al eje del cordón de soldadura. De esta forma se debe lograr que el haz explore toda la sección de la soldadura con una reflexión simple.

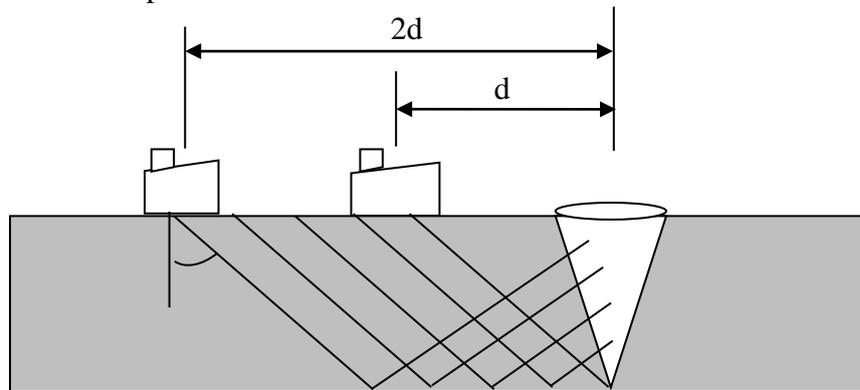


Fig. 2.49 Desplazamiento transversal del palpador respecto del eje

El palpador se desliza en una faja cuya posición y ancho quedan determinados por el espesor de la chapa y el ángulo del palpador. Las dos distancias P_0 y $P_{0/2}$ indicadas en la figura. Pueden ser determinadas analíticamente conociendo el espesor y la tangente del ángulo del haz.

Desplazamiento longitudinal del palpador. El palpador se debe desplazar en forma paralela al cordón con el fin de inspeccionar toda la longitud del cordón de soldadura. Este desplazamiento junto con el transversal da como resultado un desplazamiento en forma de zigzag con un paso menor que la dimensión transversal del cristal. Es necesario tener presente que con el tipo de desplazamientos antes mencionados, aun con rotación, las fisuras transversales no serán detectadas, por lo cual si se predice este tipo de defectos deben considerarse desplazamientos adicionales.

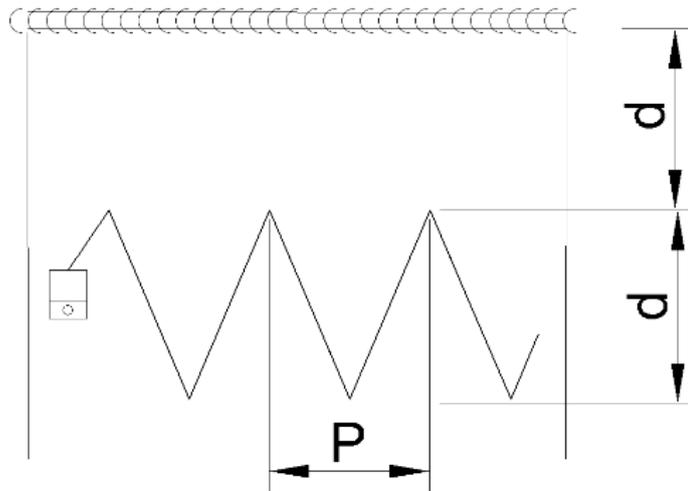


Fig. 2.50 Desplazamiento longitudinal del palpador

Rotación del palpador. Durante el desplazamiento en zigzag se sugiere proporcionar al palpador una ligera rotación alternativa de 15° a 20° para facilitar la localización de defectos de orientación particular, como por ejemplo fisuras y otras discontinuidades.

Encontrada la posición del palpador para la cual el defecto es indicado con la máxima señal se procede a identificar su tipo mediante movimientos adecuados del palpador, como se indica en la figura.

Localización de los defectos. Se inicia con un desplazamiento rápido del palpador, de acuerdo con el programa de exploración calculado. Cuando se obtiene una señal de reflexión originada por un defecto, el palpador debe ser movido hacia atrás y hacia adelante y eventualmente rotando hasta conseguir la máxima señal.

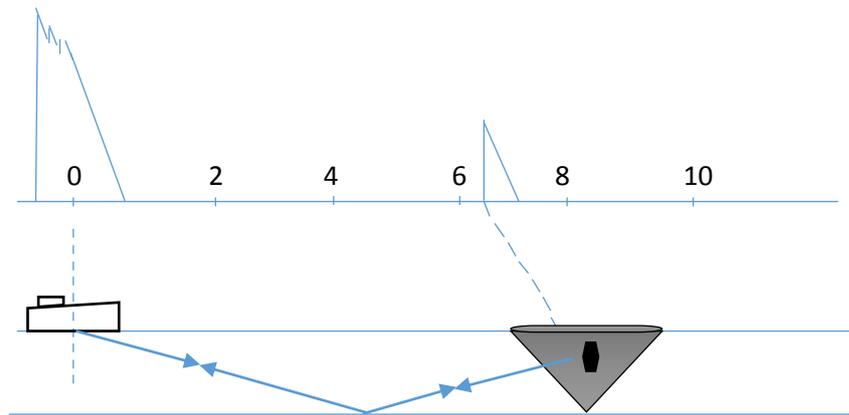


Fig. 2.51 Localización de los defectos

Identificación del tipo de defecto. Encontrada la posición del palpador para la cual el defecto es indicado con la máxima señal se procede a identificar su tipo mediante movimientos adecuados del palpador, como se indica en la figura

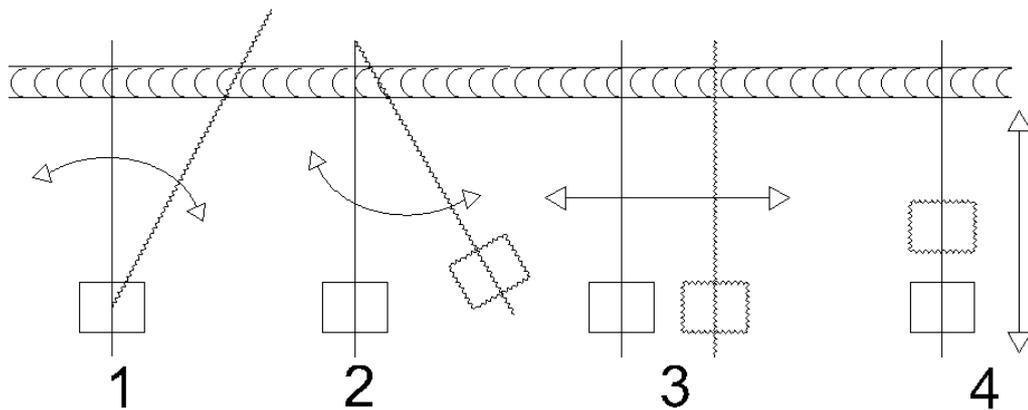


Fig. 2.52 Movimientos a imprimir al palpador para el reconocimiento de defectos

Evaluación de los defectos. Determinando el tipo de defecto se debe evaluar su identidad y extensión, para ello se toma como referencia la amplitud que se obtiene con defectos patrones. Cuando se trata de defectos tales como falta de penetración, falta de fusión o escorias lineales, la dimensión del defecto se determina mediante el desplazamiento longitudinal de la sonda. La especificación del componente que se examina debe determinar el nivel de aceptación o rechazo de los defectos en función de la amplitud del eco de reflexión con relación a la amplitud de defectos patrones de referencia y a la extensión del defecto detectado.¹¹

¹¹ J Baez , ensayo ultrasónico, Argentina, 2009, pp 208-217

3. BENEFICIARIOS

DIRECTOS

- Estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola
- Docentes de la carrera de ingeniería Agrícola.

INDIRECTOS

- La Universidad Técnica de Manabí.
- Personal administrativo encargado del departamento del centro de investigaciones.
- Comunidad en general.

4. METODOLOGÍA

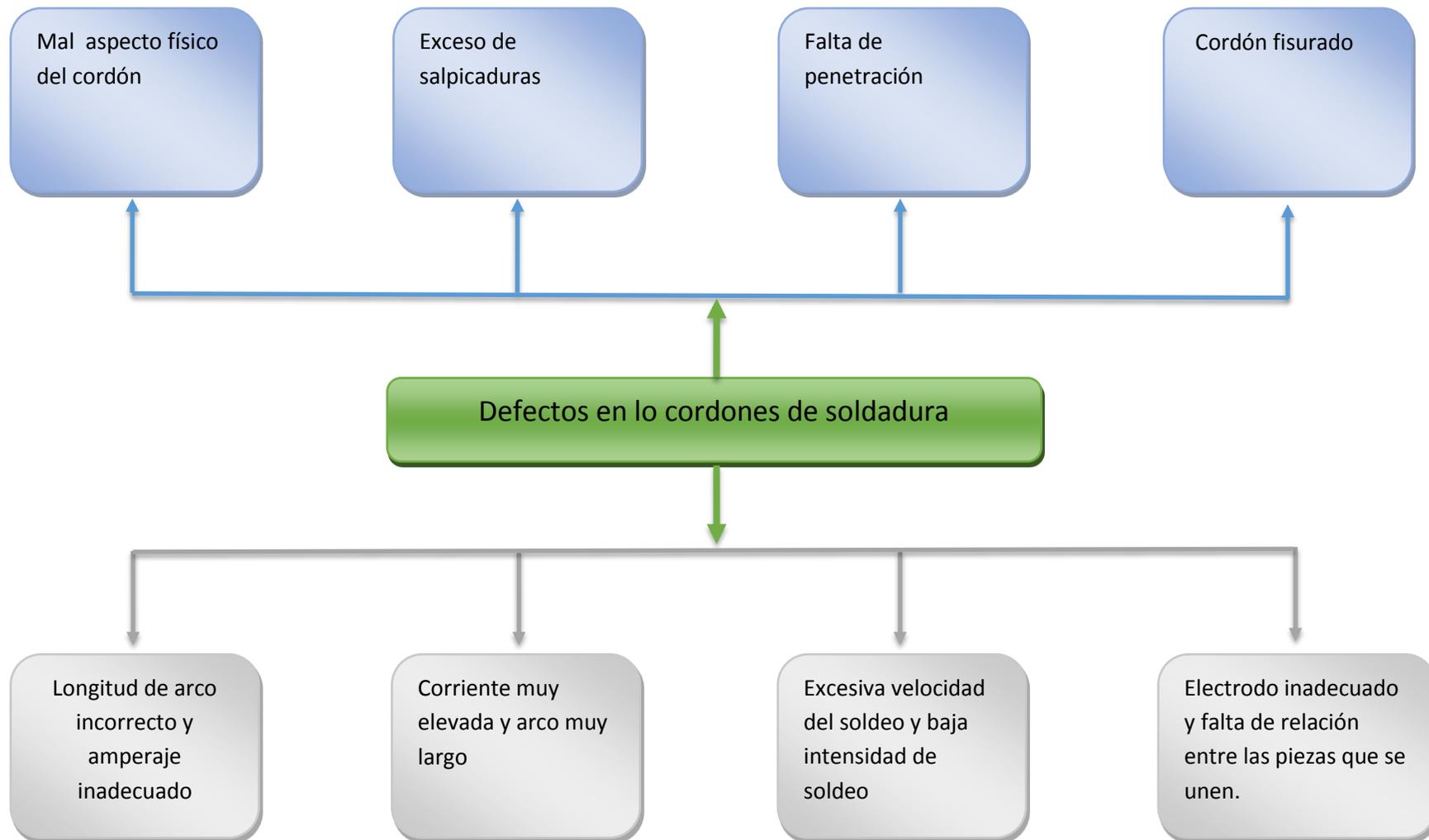
La modalidad que se utilizará en esta investigación es aplicada y bibliográfica, puesto que buscaremos mejorar la entidad, resolviendo sus inconvenientes; mejorando su proceso y solucionando problemas reales.

El contenido de la tesis se elaboró con el método narrativo en el cual se recoge información valiosa para la elaboración del proyecto.

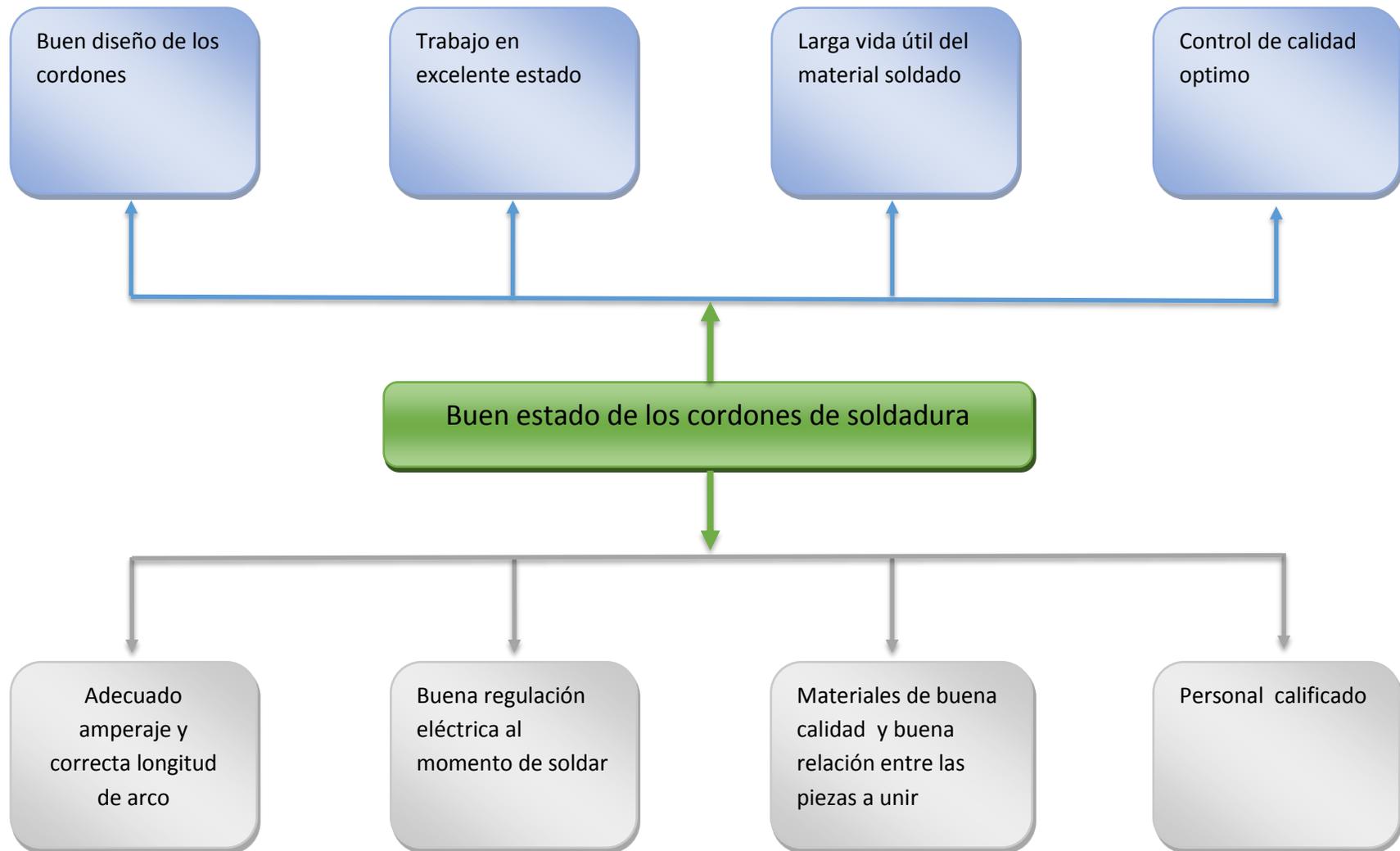
Se utilizó como herramienta metodológica el marco lógico, para analizar todos los elementos participantes en el proyecto. Consta de los siguientes elementos:

- Matriz de involucrados
- Árbol de problemas
- Árbol de objetivos
- Árbol de alternativas
- Matriz del marco lógico.
- Procedimiento

4.1 ÁRBOL DE PROBLEMAS



4.1. ÁRBOL DE OBJETIVOS



4.2. MATRIZ DE INVOLUCRADOS

GRUPOS	INTERÉS	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS	INTERESES DEL PROYECTO	CONFLICTOS POTENCIALES
Docentes Estudiantes	Mejoras en el laboratorio del Centro de Investigaciones.	Falta de manteniendo de los cordones de soldadura	Predisposición de parte de las autoridades	Contribuir al buen uso de los materiales de soldadura.	Carencia de conocimientos de las autoridades
Universidad Técnica de Manabí	Mejora de la estructura de los cordones de soldadura	Porosidades y pequeñas fisuras en los cordones	Compromiso de las Autoridades en el desarrollo del proyecto.	Mejorar la estética y comodidad	Falta de gestión y desinterés
Estudiantes de la carrera de Ciencias Agropecuarias	Mejora en las prácticas que realizan en el laboratorio	Desconocimiento de los estudiantes sobre la aplicación y mantenimiento de la estructura metálica	Estudiantes agradecidos por el desarrollo del proyecto	Interés por contribuir con los investigadores.	Pocos recursos y falta de conocimiento
Plan	Confiabilidad de la estructura metálica	Deterioro y falta de mantenimiento	Recursos de los autores aportación de conocimientos.	Que tenga durabilidad	Resistencia y no aceptación del personal a cargo

4.3. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

OBJETIVOS	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
Promover el uso adecuado de la estructura de parte del personal encargado del laboratorio	Para el final del proyecto el 50% del personal a cargo estará capacitado en el mantenimiento de la cubierta	Seguir con las guías de mantenimiento	Que la estructura sea confiable
Propósito Análisis de los cordones de soldadura de la estructura metálica	Para finales del proyecto los investigadores darán el informe final de los resultados	Informes del avance del proyecto.	Conformidad en la Autoridades
Productos Elaboración total de la cubierta	Para la finalización del proyecto se contará con el trabajo culminado en su totalidad	Facturas , fotos y observaciones	Disponibilidad de los involucrados en el proyecto.
Actividades: Visitas periódicas al centro de investigaciones Compra de materiales	100 USD 30 USD	Firmas de los registros Verificación de los componentes que se van a utilizar	Autoridades de la carrera constataran su desarrollo

Inspeccionar la calidad de los materiales			
Búsqueda de personal calificado para la elaboración de los cordones	50 USD	Hojas firmadas.	
Elaborar fichas de registro	60 USD	Facturas	
Elaborar un presupuesto de las actividades de mantenimiento.	40 USD	Fotos	
Realizar un informe sobre las actividades realizadas	70 USD	Verificación de logros del proyecto.	
	50 USD		

4.4. PROCEDIMIENTO

La Estructura Metálica del Centro de Investigaciones de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí. Consta de 13 cerchas de 21.31 metros de longitud y de 16 correas de 60.03 metros. De los cuales se tomaron 8 puntos críticos, siendo el centro de la estructura los puntos más relevantes a examinar, ya que estos resisten el peso de las correas y el techo metálico.

Para el análisis de los cordones de soldaduras se emplearon los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes y ultrasonidos.

Para inspeccionar los cordones de soldadura es necesario seguir un orden apropiado a fin de efectuar una buena inspección y preservar el correcto funcionamiento basándonos en las normas

- ASTM E 165
- ANSI/AWS D1.1.

4.4.1. PROCEDIMIENTO POR INSPECCIÓN VISUAL.

4.4.1.1. ALCANCE.

Este procedimiento se emplea a la inspección visual y control dimensional de las uniones soldadas de acero de bajo carbono.

4.4.1.2. OBJETIVO

Control de las dimensiones de las uniones soldadas

Detección de las posibles discontinuidades superficiales de la soldadura.

Registrar los posibles defectos para reparaciones, o de discontinuidades que requieren mayor inspección y verificación por otras técnicas de END.

4.4.1.3. DOCUMENTO DE REFERENCIA

El documento de referencia es: ASME, Sección V, Artículo 9 y Sección IX, Artículo IWA – 2000.

4.4.1.4. MATERIAL

El material de la estructura es acero de bajo carbono, del tipo ASTM 36

4.4.1.5. CALIFICACION DEL PERSONAL

El personal que aplica este método, debe estar calificado de acuerdo a la norma SNT-TC-1.

4.4.1.6. REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS

De acuerdo al código ASME, el examen visual debe ser realizado en base a procedimientos escritos y listas de comprobación (ASME, Sección V, Artículo 9 y Sección XI, Artículo IWA -2000.

4.4.1.7. MATERIALES EMPLEADOS

- Martillo pica escoria de soldadura
- Cepillo de hierro
- Wipe
- Solvente limpiador magnaflux
- Lente de aumento

4.4.1.8. PROCEDIMIENTO DE LA INSPECCION

En la inspección visual se observaron las características de los cordones de soldadura como: la altura, ancho y falta de penetración; En algunos cordones de soldadura fue necesario emplear un lente de aumento para realizar una mejor inspección visual, permitiendo observar algunas porosidades en la superficie. De acuerdo a la Sección XI del Código ASME, se aplicó la técnica del ensayo VT3.

Se analizaron visualmente 13 cerchas, encontrando discontinuidades en dos de ellas. La 15-001 se visualizaron pequeños poros, y en la 15-003 se visualizó falta de penetración y algunos poros.

4.4.1.9. INFORME DE LA INSPECCION

En el informe debe constar claramente el equipo, número de cerchas inspeccionado y el lugar donde existe cualquier discontinuidad, discriminando si se trata de una soldadura longitudinal o circular.

Se marcara los defectos encontrados y que necesitan ser reparados.

4.4.2. PROCEDIMIENTO DE LÍQUIDOS PENETRANTES

4.4.2.1. OBJETIVO

Establecer la metodología para la realización de pruebas por tintas penetrantes en uniones soldadas, para descartar defectos tales como fisuras, porosidades, entre otras.

4.4.2.2. ALCANCE

El presente procedimiento cubre la prueba por tintas penetrantes en materiales de acero al carbono, del tipo ASTM A 36.

4.4.2.3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

ASME Sección V, Artículo 6, Nondestructive Examination.

ASTM E 165. Standard Test Method For Liquid Penetrant Examination.

4.4.2.4. MATERIALES

- Kit de líquidos penetrantes en aerosol Manaflux el cual consta de:
- Penetrante rojo eliminable con solvente
- Solvente limpiador
- Revelador no acuoso con base disolvente
- Wipe

4.4.2.5. PROCEDIMIENTO DE LA INSPECCION

Limpieza. Se realizó primeramente el retiro de la escoria de la soldadura y se aplicó solvente para la limpieza, procediendo luego a secar la pieza.

Aplicación del penetrante. Se aplica el penetrante en aerosol en la superficie del cordón dejando un tiempo de 15 minutos para el efecto de capilaridad y se introduce en las posibles discontinuidades.

Remoción del penetrante. El líquido penetrante que por exceso queda en la superficie se lo removió aplicando directamente solvente limpiador y la acción de un wipe.

Aplicación del revelador. Se lo aplico una vez seca la superficie del cordón, a través de un aerosol previamente agitado a una distancia de 30 cm. Posteriormente se realizó la observación de las discontinuidades

4.4.2.6. CALCULO DEL RENDIMIENTO DE LOS LIQUIDOS PENETRANTES

Comercialmente el penetrante se lo adquiere por kit, que consta de:

- 1 aerosol de líquido penetrante de 340 cm^3 .
- 1 aerosol de solvente limpiador de 340 cm^3 .
- 1 aerosol de revelador no acuoso de 340 cm^3 .

El poder cubriente de cada elemento es:

- Penetrante, 120 metros lineales de cordón de soldadura / por aerosol 340 cm^3 .
- Revelador, 80 metros lineales de cordón de soldadura / por aerosol 340 cm^3 .
- Solvente limpiador, 60 metros lineales de cordón de soldadura/ por aerosol 340 cm^3 .
- Numero de cerchas = 13
- Puntos críticos por cercha = 8

- Cordones por puntos críticos = 12
- Longitud por cordones = 0.30 cm

Longitud total de cordones = N° Correas * N° Puntos críticos* N° cordón* longitud de cordón

Longitud total de cordones = 13* 8* 12 * 0.30 metros

Longitud total de cordones = 374.4 metros lineales

Rendimiento del penetrante

Rp= rendimiento unitario * longitud total de cordones

$$Rp = \frac{1 \text{ aerosol}}{120\text{ml}} * 374.4 \text{ ml} = 3.12 \text{ aerosol}$$

Se necesitan 4 unidades de penetrantes de 340 cm³

Rendimiento del solvente limpiador

Sl= rendimiento unitario * longitud total del cordón

$$Sl = \frac{1 \text{ aerosol}}{60\text{ml}} * 374.4 \text{ ml} = 4.68 \text{ aerosol}$$

Se necesitan 5 unidades de solvente limpiador de 340cm³

Rendimiento del revelador

R= rendimiento unitario * longitud del cordón

$$R = \frac{1 \text{ aerosol}}{80 \text{ ml}} * 374.4\text{ml} = 6.24 \text{ aerosol}$$

Se necesitan 7 unidades de revelador de 350 cm³

4.4.3. PROCEDIMIENTO POR ULTRASONIDOS.

Para inspeccionar los cordones de soldadura por ultrasonidos es necesario seguir el siguiente procedimiento para asegurar la calidad del ensayo:

- Alcance
- Normas de referencia
- Materiales y espesores
- Detalles dimensionales
- Equipo
- Palpadores
- Técnica de inspección
- Método de calibración
- Ajuste de sensibilidad
- Condición superficial
- Acoplante
- Técnica de barrido
- Requisitos adicionales
- Criterio de registro e identificación
- Criterios de aceptación
- Sistema de rastreabilidad
- Hoja de reporte

4.4.3.1. OBJETIVO

Este procedimiento describe los requisitos mínimos para la inspección de soldaduras para el proyecto “ANÁLISIS DE LOS CORDONES DE SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.” Establece las condiciones de trabajo y los pasos a seguir antes, durante y después de la inspección ultrasónica de las juntas soldadas.

4.4.3.2. ALCANCE

Este procedimiento describe el método para realizar la inspección por ultrasonido de uniones soldadas en tuberías planchas, perfiles de acero en Plantas Químicas, Refinerías, Estaciones de petróleo, Centrales Hidroeléctricas. Estructuras metálicas, Puentes etc. Con espesores de soldadura comprendido entre 0.127” hasta 1.5” con diámetros de 2” hasta 120”.

4.4.3.3. NORMAS DE REFERENCIA

- Asme Boilerand Pressure Vessel Code, Section V, Articulo 5,
- Asme Boiler and Pressure Vessel Code, Sction VIII, DIV I,
- AWS D1.1 Structural Weldin Code Steel
- Procedimientos y criterios del fabricante

4.4.3.4. PERSONAL

Solamente personal calificado y certificado según recomendaciones de norma ASNT TC 1A, será el encargado de realizar esta inspección, mínimo nivel II en inspecciones por ultrasonidos.

4.4.3.5. MATERIALES Y ESPESORES DE LA CERCHA

- Aceros: ASTM A36 / ASTM A572 Gr. 50
- Espesores: 4.00 a 6.00mm

4.4.3.6. DETALLES DIMENSIONALES

Juntas a tope bisel en V de 60° talón y luz de 3 mm penetración total con electrodo AWS 6011 de diámetro 1/8”.

4.4.3.7. EQUIPO

TIPO	FABRICANTE	MODELO
Pulso – eco	OLYMPUS	Epoch 1000i

4.4.3.8. PALPADORES

Relación de palpadores

TIPO Y ANGULO/BARRIDO	DIAMETRO (Pulgadas)	FRECUENCIA (Mhz)	FABRICANTE	MODELO
ANGULAR Zapatas: 45°-60°-70° /BARRIDO A	0.375	5	Olympus	C542-SM
ANGULAR Zapatas:45°-60 -70°/ BARRIDO A	0.375	2.25	Olympus	A430S

Barrido A

Se realizara con palpador angular, debiéndose seleccionar el ángulo del ensayo en relación al espesor del material en una junta a tope, deben realizarse movimientos perpendiculares al eje del cordón de soldadura acercándose y alejándose lo suficiente para garantizar que el haz explore toda la sección de la soldadura con una reflexión simple, un segundo desplazamiento del palpador debe cumplir con un desplazamiento paralelo al cordón de soldadura para examinar toda la longitud de la misma. La suma de los dos movimientos del palpador dan como resultante un desplazamiento sinusoidal, con un paso menor que la dimensión transversal del cristal. Durante el desplazamiento sinusoidal o zigzag es importante realizar con el palpador una ligera rotación entre 15° y 20° para detectar defectos de orientación particular como fisuras.

Cualquier discontinuidad detectada superior al 20% del nivel de referencia se analizara para determinar si se trata de una posible fisura.

Observaciones:

No serán utilizados palpadores con variación de ángulo real ± 3 grados en relación al nominal.

El punto de salida de haz será verificado en el bloque V1.

No se utilizaran palpadores normales

4.4.3.9. TECNICA A SER USADA

Serán utilizadas las técnicas de ondas longitudinales y transversales.

4.4.3.10. METODO DE CALIBRACION

Calibración de acuerdo a manual EPOCH 1000i

Se usara el bloque V1 y V2.

La calibración será verificada al inicio del trabajo, cuando se cambie el palpador y cada hora de trabajo continuo.

Calibración con transductor de haz angular

EL ejemplo de calibración con haz angular descrito a continuación es llevado a cabo utilizando un transductor Olympus- NTD modelo C542-SM, con una frecuencia de 2.25MHz y un diámetro de 0.25” x 0.625”. El transductor es montado sobre una zapata de 45°, con número de parte ABWS-6-45. Se recomienda utilizar un bloque de calibración ASTM E-164 IIW Tipo I o un bloque de calibración de la Fuerza Aérea de los EU IIW Tipo II para este procedimiento de calibración. En el siguiente procedimiento se utilizó un bloque Olympus –NDT IIW Tipo I de acero al carbón, con número de parte TB7541-1.

Para calibrar utilizando un transductor de haz angular, seguir estos pasos:

- Realizar el ajuste inicial rango velocidad y ángulo del palpador.
- Conectar el transductor a un cable apropiado y conecte el cable a cualquiera de los conectores para transductor en el EPOCH 1000i.
- Introducir el valor correcto del ángulo refractado para la combinación de transductor zapata. Para este ejemplo, introduzca 45°.

- Introducir el valor aproximado de la velocidad de onda de corte del material que será inspeccionado. Para este ejemplo usando acero al carbón, introduzca una velocidad de 0.1280 in/_s(3251mm/_s si está trabajando en unidades métricas).
- Introducir un rango apropiado para el bloque de prueba que está siendo utilizado. Para este ejemplo, introduzca un rango de 10.00 pulgadas (250.0mm si está trabajando en unidades métricas).
- Localizar el punto Índice del Haz (Beam Index Point= BIP) del transductor
- Verificar el Ángulo Refractorio (Beta)
- Calibrar Distancia
- Calibrar Sensibilidad

Si el EPOCH 1000i es ajustado para trabajar en unidades métricas en cada uno de los procedimientos listados anteriormente, el proceso de calibración es exactamente el mismo, excepto que los datos introducidos será milímetros, en lugar de pulgadas,

Localizar el Punto Índice del Haz (BIP)

Para localizar el BIP, siga estos pasos:

Acoplar el transductor al bloque de prueba sobre la marca de “()”.

- Mover el transductor hasta que la señal sobre la pantalla, después del Disparo Principal, aparezca a la máxima amplitud. Esta es la reflexión del arco más grande del bloque, el cual está localizado a una distancia de 4” (100mm) en el bloque Tipo I.
- Mover el transductor hacia adelante y hacia atrás para llevar el eco a su máxima amplitud (maximizar). Asegúrese que el eco no exceda del 100%. Si es necesario, reduzca el ajuste de ganancia.
- Una vez que se maximizado la señal mantenga el transductor estacionario y marque los datos de la zapata del transductor directamente sobre la marca de “()” sobre el bloque. Este es el Punto Índice del Haz, el punto por el cual el sonido deja la zapata y entra el material con la máxima energía.

Verificando el Angulo Refractado (Beta)

El ángulo refractado del transductor debió haberse introducido previamente en el EPOCH 1000i en los pasos iniciales del procedimiento de calibración; sin embargo, aunque la zapata puede estar marcada con 45°, por ejemplo, el ángulo refractado actual puede ser ligeramente diferente debido a las propiedades del material inspeccionado o al desgaste de la zapata. Es necesario verificar el ángulo actual lo cual le asegura que los cálculos de recorrido del sonido realizados por el EPOCH 1000i son exactos.

Para verificar el ángulo refractado, siga estos pasos:

- Coloque el transductor en el bloque, sobre la marca apropiada del ángulo, la cual es de 45° para este ejemplo.
- Mueva el transductor hacia atrás y adelante hasta “maximizar” el eco que proviene del agujero más grande del bloque, El agujero circular puede estar lleno de Plexiglás, pero el procedimiento es el mismo.
- Si este valor de Beta es diferente al valor introducido previamente, ahora introduzca el ángulo correcto por medio de la tecla [ANGLE] y las teclas con flechas.

Calibrar en Distancia

Esté paso puede ser diferente, dependiendo del tipo de bloque de calibración IIW que sea usado. El Bloque ASTM E-164IIW Tipo I, el cual tiene una ranura lateral de media luna, producirá ecos a 4” (100mm) y 9” (225mm) en la pantalla. El Bloque de la Fuerza Aérea de E.U. IIW Tipo II, el cual tiene un corte lateral grande, produce ecos a 2” y 4” en la pantalla. En el procedimiento a continuación se considera el uso de un bloque de calibración de acero al carbón marca Olympus IIW Tipo 1, número de parte TB7451-1.

Se recomienda que el EPOCH 1000i el parámetro del Rango se ajuste a 10” (250mm) para este paso. Sin importar que el Bloque de calibración usado sea Tipo II, se debe asegurar que los ecos producidos por el bloque sean visibles en la pantalla.

Para calibrar en distancia, siga estos pasos:

- Acoplar el transductor al bloque de tal forma que el BIP quede directamente sobre la marca de “()” en el bloque de prueba ASTM (o el bloque de la Fuerza Aérea). No mueva el transductor de este punto durante este paso.
- Presionar la tecla [CALIBRATION], aparecerá el símbolo Cal en el lado derecho del Barrido “A”, lo cual significa que el EPOCH 100i está en el modo de Calibración Automática. (Para salir del modo Calibración Automática en cualquier momento, presione la tecla [ENTER]).
- Colocar la Compuerta 1 para que el eco de reflexión del arco de 4” (este debe ser primer eco más grande después del Disparo Principal) exceda el umbral de la compuerta.
- Ajustar la ganancia para que la amplitud del eco sea del 80%.

Una vez que se obtiene una lectura estable presione la tecla [ZERO OFFSET], la pantalla se congelara y sobre la pantalla aparecerá una caja de texto.

Use el teclado alfanumérico para introducir el valor exacto de la distancia conocida del recorrido del sonido para este arco. Para este ejemplo, presione las [4], [0], [0]., y [0]. El valor introducido aparecerá en la caja de texto.

Se introduce un número incorrecto presione la tecla [0] varias veces para limpiar los datos introducidos y entonces teclee el valor correcto de la distancia.

Presione la tecla [CALIBRATION], y la presentación regresa al barrido “A” activo. Coloque la Compuerta 1 para que el eco de la media luna 1” exceda el umbral de la compuerta. Éste eco generalmente está localizado aproximadamente en la novena o decima división de la pantalla, y normalmente es el tercer eco después del Disparo Principal.

Ajuste la ganancia para que la amplitud del eco sea del 40% aproximadamente. Aparecerá una lectura de espesor, con los dígitos más grandes, arriba del Barrido “A”.

Normalmente es el resultado de la divergencia del haz y el rebote del sonido en los laterales del bloque. Asegúrese que la Compuerta 1 no está sobre este eco.

Una vez que se obtiene una lectura estable presione la tecla [VEL], la pantalla se congelará y sobre la pantalla otra vez aparecerá una caja de texto. Use el teclado alfanumérico para introducir el valor exacto de la distancia conocida del recorrido del sonido para éste arco. Para éste ejemplo, presione las teclas [9], [0], [0] y [0].

El valor introducido aparecerá en la de texto. Si introduce un número incorrecta, presione la tecla [0] varias veces para limpiar los datos introducidos y entonces teclee el valor correcto de la distancia.

Presione la tecla [ENTER] para completar la Calibración Automática.

Serán ajustados automáticamente los parámetros Desplazamiento de Cero y Velocidad, y será presentada en la pantalla la lectura el recorrido del sonido correcto de cualquier eco dentro de la compuerta.

Calibrar sensibilidad

- El paso final en la calibración con has angular es calibrar en sensibilidad, lo cual le permitirá al operador ajustar un nivel de ganancias de referencia.
- Acoplar el transductor sobre el bloque de calibración IIW de tal forma que el transductor este apuntando hacia el agujero lateral de 0.060” de diámetro, el cual es usado como reflector de referencia.
- Mover el transductor hacia adelante y hacia atrás hasta que maximice la señal de regreso del agujero (hasta que encuentre la máxima amplitud). No confunda el eco del reflector de referencia con los ecos producidos por los lados del bloque.

Una vez que el eco ha sido maximizado, ajuste la sensibilidad del sistema (Ganancia) hacia arriba o hacia abajo, para llevar la señal del reflector de referencia en la pantalla a una línea de referencia predeterminada. En este ejemplo, el eco es llevado al 80% de la altura total de la pantalla.

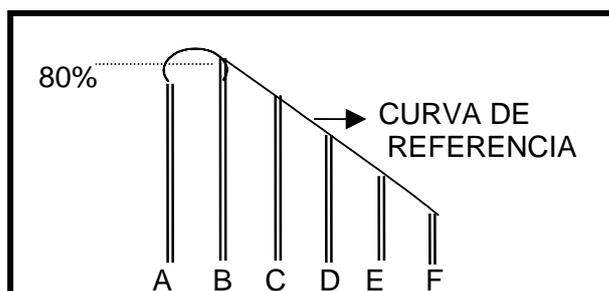
Para bloquear el nivel de ganancia de referencia, y para que pueda agregar / quitar por separado ganancia de barrido, presione las teclas [2nd F] y [GAIN] (REF).

Una vez que las funciones de ganancia de referencia han sido activadas, presione las teclas de función para seleccionar entre agregar o quitar en incrementos de 0.1dB o 6.0 dB.

4.4.3.11. CURVAS DE REFERENCIA

Palpador angular

Llevar al 80% la altura del mayor eco del agujero de referencia. Determinándose así la ganancia primaria. Enseguida todos los otros puntos de la curva se determinarán.



Siempre que cualquier punto de referencia caiga debajo de 20% de la altura de la pantalla, debe ser trazada una curva auxiliar.

La calibración de sensibilidad debe ser comprobada cada 4 horas de trabajo continuo.

Bloque de referencia

Para referenciar los defectos se utilizarán un Bloque del mismo material a inspeccionar, con ranuras de acuerdo a especificación.

4.4.3.12. AJUSTE DE SENSIBILIDAD

La sensibilidad será ajustada tomando en cuenta la pérdida de transferencia.

4.4.3.13. CONDICION SUPERFICIAL

- Oxidación leve generalizada de metal base
- Técnica de preparación
- Cepillado del área de barrido

4.4.3.14. ACOPLANTE

Carboximetil celulósico (CMC)

4.4.3.15. TÉCNICA DE BARRIDO

El área de barrido será previamente inspeccionada visualmente, para ver posibles discontinuidades que interfieran en la inspección.

El barrido será ejecutado con una sobre posición del 10% y de acuerdo a cada tipo de barrido como se indicó en el 7.2.

4.4.3.16. REQUISITOS ADICIONALES

Revisar que el equipo cumpla los controles de linealidad horizontal y vertical, según recomendaciones de ASME V.

4.4.3.17. CRITERIO DE REGISTRO IDENTIFICACION Y METODO DE DIMENSIONAMIENTO DE DISCONTINUIDADES.

Serán registradas todas las discontinuidades cuyo eco sobrepase el 50% de la curva DAC y la detección será realizada de acuerdo al método de los 6 dB.

4.4.3.18. CRITERIOS DE ACEPTACION. Según AWS D1.1

Table 6.2
UT Acceptance-Rejection Criteria (Statically Loaded Nontubular Connections) (see 6.13.1)

Discontinuity Severity Class	Weld Thickness ¹ 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

General 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 BGWs: 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.

Note:

1. Weld thickness shall be defined as the nominal thickness of the thinner of the two parts being joined.

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

Scanning Levels	
Sound path ² in in. [mm]	Above Zero Reference, dB
through 2-1/2 [65 mm]	14
> 2-1/2 through 5 [65–125 mm]	19
> 5 through 10 [125–250 mm]	29
> 10 through 15 [250–380 mm]	39

Note:

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

**Table 6.3
UT Acceptance-Rejection Criteria (Cyclically Loaded Nontubular Connections) (see 6.13.2)**

Discontinuity Severity Class	Weld Thickness ¹ 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

General 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.

Note:

1. Weld thickness shall be defined as the nominal thickness of the thinner of the two parts being joined.

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.

Scanning Levels	
Sound path ² 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

Note:

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

4.4.3.19. SISTEMA DE RASTREABILIDAD

En el informe debe indicar claramente el equipo, número de cerchas inspeccionado y el lugar donde existe cualquier discontinuidad, discriminando si se trata de una soldadura longitudinal o circular. Se marcara los defectos encontrados y que necesitan ser reparados.

4.4.3.20. HOJA DE REPORTE

En esta hoja se incluyen todos los datos del ensayo junto con los resultados encontrados durante la inspección de los cordones de soldadura.

CLIENTE:					PROYECTO:				
Procedimiento:		Material:		Espesor material:			Acoplante:		
Técnica:		Equipo:		Tipo de Junta:			Longitud Total Inspeccionada (metro)		
Transductor:		Frecuencia:		Angulo transductor:					
No.	Identificación Soldadura	Soldadores	Longitud (m)	Calificación		Altura del defecto dB	Ubicación del defecto (mm)		OBSERVACIONES
				SI	NO		Longitud	Profundidad	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
Fecha:		Lugar:		Estación:		Línea:		Informe No: Unidad:	
No. Sol: Inspeccionadas			Código de aceptación:			Código de referencia:			
CLIENTE			FISCALIZADOR			CALIFICADOR			
Fecha:			Fecha:			Fecha:			

I L = Linear indication

P = Porosity

I R = Rounded indication

5. RECURSOS A UTILIZAR

Para realizar este proyecto se utilizaron los siguientes recursos:

- Humanos
- Institucionales
- Materiales y equipos
- Financieros

5.1. HUMANOS

Autoridades De La Universidad Técnica de Manabí

Docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica

5.2. INSTITUCIONALES

Biblioteca de la Universidad Técnica De Manabí

5.3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Transporte
- Computadora
- Internet
- Textos Actualizados
- Copias
- Kit de Líquidos Penetrantes
- Equipo de Ultrasonidos
- Materiales de limpieza

5.4. LUGAR DONDE SE EJECUTO EL PROYECTO

Campus experimental de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana.

5.5. FINANCIEROS

El proyecto tuvo un costo aproximado de 16.000.00 dólares el cual fue financiado en su totalidad por la Universidad Técnica de Manabí

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Inspección visual.

Al realizar la inspección visual a la estructura metálica, se pudo observar que algunos cordones no se hallaban en buen estado, localizados en los siguientes puntos:

En la cercha 15-003 se pudo observar pequeñas porosidades, en la cercha 15-009 se observó porosidad, llenado insuficiente y fusión incompleta en la unión soldada, en los otros puntos no se pudo evidenciar discontinuidades.

Inspección por líquidos penetrantes.

En la inspección por líquidos penetrantes se pudo evidenciar que 5 de 13 cerchas analizadas contaban con defectos como; fisuras, porosidades y pequeñas grietas.

En la cercha 15-001 de 12 cordones analizados se revelaron 2 cordones con pequeñas porosidades.

En la cercha 15-003 de 12 cordones analizados se revelaron 7 cordones con muchas porosidades, fisuras y falta de penetración, siendo esta la cercha más crítica.

La cercha 15-007 de 12 cordones analizados se detectó 1 cordón con una pequeña porosidad.

En la cercha 15-009 de 12 cordones analizados se encontraron en 3 cordones pequeñas grietas y porosidad en la superficie del cordón.

En la cercha 15-013 de 12 cordones analizados se reveló 1 pequeña discontinuidad no muy relevante.

Las cerchas 15-002, 15-004, 15-005, 15-006, 15-008, 15-010, 15-011 y la 15-012 no presentaban discontinuidades.

Estos inconvenientes podrían afectar la seguridad de la estructura, siendo necesario las acciones de reparación.

Inspección por ultrasonidos.

En los resultados obtenidos en la inspección por ultrasonidos, se determinó de que así mismo como la inspección de líquidos penetrantes, nos encontramos con defectos similares, los cuales se localizan en los mismos puntos.

En la cercha 15-001 de 12 cordones examinados se detectaron 3 cordones con pequeñas porosidades, y 2 cordones con fisuras internas.

En la cercha 15-003 de 12 cordones examinados se detectaron 8 cordones con grandes porosidades y fisuras externas e internas y una pequeña grieta.

En la cercha 15-007 de 12 cordones examinados se detectaron 4 cordones con fisuras internas y pequeñas porosidades.

La cercha 15-007 de 12 cordones examinados se detectó 2 cordones con una pequeña porosidad y una fisura transversal.

En la cercha 15-009 de 12 cordones examinados se encontraron en 3 cordones pequeñas grietas y porosidad en la superficie y en el interior del cordón.

En la cercha 15-013 de 12 cordones examinados se detectó 1 cordón con fisuras interiores.

Este método permite detectar discontinuidades superficiales y volumétricas, es decir se observa hasta el interior del cordón, dando como resultado varios inconvenientes que deben ser solucionados para evitar problemas que afecten la seguridad de la estructura.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Se detectaron que los cordones tienen porosidades y falta de penetración que puede ocasionar inconvenientes a largo plazo en la estructura si no se reparan.
- Los métodos empleados nos permiten tener una visión clara de las afectaciones de los cordones de soldadura
- Para definir resultados confiables es necesario la calibración de los equipos.

7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda picar bien la escoria para de esta manera efectuar una eficiente inspección
- Se recomienda que el soldador que labore en la estructura sea calificado de acuerdo a las normas.
- Se recomienda darle un biselado a las partes más críticas de la estructura.
- Al personal encargado del laboratorio de Ciencias Agropecuarias que promueva el uso adecuado para la seguridad en el interior y alrededor de la estructura.
- Proporcionar un pintado a la estructura cada 3 o 5 años para así evitar la corrosión

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

ACTIVIDADES	2014			2015													
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY											
Revisión del material bibliográfico	■	■	■														
Planteamiento y análisis de problemas.		■	■	■													
Inspección de visual de los cordones de soldadura.				■	■	■											
Adquisición de los insumos de líquido penetrante y ultrasonido							■	■									
Aplicación del ensayo no destructivo por líquido penetrante.								■	■	■							
Análisis de los datos obtenidos por líquidos penetrantes										■							
Aplicación del ensayo no destructivo por ultrasonido											■	■					
Análisis de los datos obtenidos por ultrasonido												■					
Redacción y revisión de la tesis.													■	■	■		
Entrega del informe final.																■	■

9. BIBLIOGRAFIA

1. Gabriel Valencia Clement. (2010). Diseño Básico de estructuras de acero. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
2. Pascual Urbans Brotons. (2010). Construcción de Estructuras Metálicas. San Vicente (Alicante): Club Universitario cuarta edición.
3. Cano Pina. (2012). Manual de soldadura por arco eléctrico. España: S.L. Ediciones Cevsa ISBN.
4. Koellhoffter Leonard. (2013). Manual de Soldadura. México: Limusa.
5. José María Carpintero Pino. (2011). Manual práctico de soldadura básico. Bogotá: Starbook 2011.
6. Osmundo H. Rodríguez Pérez. (2014). Defectos y controles de uniones soldadas en soldadura manual. La Habana: Editorial Universitaria.
7. Segundo Barroso Herrero. (2013). Proceso y puesta en servicio de materiales. Madrid.
8. Claudio Rimoldi, (2013). Manual de Ultrasonido. España: Departamento de Aeronáutica.
9. EPOCH 1000, Manual de Usuario, 2009
10. Leobardo Arriaga & C. Bermache González. (2008). Procesos de Soldadura. México DF.
11. J Baez , ensayo ultrasónico, Argentina, 2009, pp 208-217

ANEXOS

Anexo N° 1
Ficha de Inspección Visual

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-001
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 001
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Evaluación: Presentación de acabado correcto
Inspector: Vergara Ruiz Eudoro		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-002
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 002
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Evaluación: Presentación de acabado correcto
Inspector: Vergara Ruiz Eudoro		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-003
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 003
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: P	Observaciones: El cordón presenta rugosidad y pequeñas porosidades	Evaluación: Presentación de acabado incorrecto
Inspector: Vergara Ruiz Eudoro		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-004
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 004
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Evaluación: Presentación de acabado correcto
Inspector: Cedeño Moreira Carlos		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-005
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 005
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.	Identificación: P1	
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Evaluación: Presentación de acabado correcto
Inspector: Cedeño Moreira Carlos		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-006
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 006
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Evaluación: Presentación de acabado correcto
Inspector: Cedeño Moreira Carlos		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-007
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 007
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Evaluación: Presentación de acabado correcto
Inspector: Cedeño Moreira Carlos		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-008
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 008
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.	Identificación: P1	
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Evaluación: Presentación de acabado correcto
Inspector: Solórzano Loor Jairo		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-009
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 009
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Mal estado	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: P y R	Observaciones: El cordón presenta porosidades, llenado insuficiente y fusión incompleta	Tipo de Discontinuidad: P y R
Inspector: Solórzano Loor Jairo		
Firma:		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-010
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 010
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Tipo de Discontinuidad: Ninguna
Inspector: Solórzano Loor Jairo		
Material: Acero ASTM A36		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-011
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 011
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Tipo de Discontinuidad: Ninguna
Inspector: Andrade Zambrano Erick		
Material: Acero ASTM A36		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-012
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 012
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Tipo de Discontinuidad: Ninguna
Inspector: Andrade Zambrano Erick		
Material: Acero ASTM A36		

INFORME DE INSPECCION VISUAL		CODIGO:
DATOS GENERALES		15-013
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		
Fecha: 14/05/2015	Lugar: Lodana – Santa Ana	Informe N°: 013
Identificación de la Junta Soldada		
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW electrodo revestido.		Identificación: P1
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Marcas: P Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar		
RESULTADOS		
Tipo de Discontinuidad: Ninguna	Observaciones: El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades	Tipo de Discontinuidad: Ninguna
Inspector: Andrade Zambrano Erick		
Material: Acero ASTM A36		

ANEXO N°2

Ficha de Inspección por Líquidos Penetrantes

Análisis de soldadura por liquido penetrantes		FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-001	N°: END- 01		
Cliete: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		OBJETO DEL EXAMEN				
		C.CALIDAD X	RECEPCION	MANTENIMIEN		
Pieza: Cercha Metálica		MATERIAL: Acero negro				
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica						
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo						
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE	
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE
					X	
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria				
PENETRANTE		Coloreado				
EMULSIFICADOR		////////////////////				
REVELADOR		Húmedo no acuoso				
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre				
MARCA		Spotcheck				
Norma		ASTM E-1220-92				
CONDICIONES DE TRABAJO						
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol						

RESULTADOS OBTENIDOS

En la cercha 15-001 dos cordones se encontraba en regular estado debido a que existían pequeñas porosidades.

INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes		FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-002	N°: END- 02		
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		OBJETO DEL EXAMEN				
		C.CALIDAD X	RECEPCION	MANTENIMIENT		
Pieza: Cercha Metálica		MATERIAL: Acero negro				
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica						
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo						
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE	
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE
					X	
LIMPIADOR	Solvente, paño y picador de escoria					
PENETRANTE	Coloreado					
EMULSIFICADOR					
REVELADOR	Húmedo no acuoso					
ILUMINACIÓN	Luz natural al aire libre					
MARCA	Spotcheck					
Norma	ASTM E-1220-92					
CONDICIONES DE TRABAJO						
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol						

RESULTADOS OBTENIDOS
Después del análisis de la cercha no se detectó discontinuidades.

ANDRADE ZAMBRANO ERICK ENRIQUE
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes		FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-003	N°: END- 03		
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		OBJETO DEL EXAMEN				
		C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT		
		X				
Pieza: Cercha Metálica		MATERIAL: Acero negro				
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica						
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo						
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE	
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE
					X	
LIMPIADOR	Solvente, paño y picador de escoria					
PENETRANTE	Coloreado					
EMULSIFICADOR					
REVELADOR	Húmedo no acuoso					
ILUMINACIÓN	Luz natural al aire libre					
MARCA	Spotcheck					
Norma	ASTM E-1220-92					
CONDICIONES DE TRABAJO						
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol						

RESULTADOS OBTENIDOS
En esta cercha se pudo evidenciar que 7 cordones presentaron porosidades, fisuras y falta de penetración.

CEDEÑO MOREIRA CARLOS ADRIAN
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes			FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-004	N°: END- 04
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí			OBJETO DEL EXAMEN		
			C.CALIDAD X	RECEPCION	MANTENIMIENT
Pieza: Cercha Metálica			MATERIAL: Acero negro		
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica					
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo					
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO
					X
LIMPIADOR	Solvente, paño y picador de escoria				
PENETRANTE	Coloreado				
EMULSIFICADOR	////////////////////////////////////				
REVELADOR	Húmedo no acuoso				
ILUMINACIÓN	Luz natural al aire libre				
MARCA	Spotcheck				
Norma	ASTM E-1220-92				
CONDICIONES DE TRABAJO					
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural		
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos		
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos		
Aplicaci. Revelador: En aerosol					

RESULTADOS OBTENIDOS
Culminado el análisis de esta cercha no se presentaron defectos.

ANDRADE ZAMBRANO ERICK ENRIQUE
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes			FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-005	N°: END- 05
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí			OBJETO DEL EXAMEN		
			C.CALIDAD X	RECEPCION	MANTENIMIENT
Pieza: Cercha Metálica			MATERIAL: Acero negro		
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica					
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo					
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO
					X
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria			
PENETRANTE		Coloreado			
EMULSIFICADOR		////////////////////////////////////			
REVELADOR		Húmedo no acuoso			
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre			
MARCA		Spotcheck			
Norma		ASTM E-1220-92			
CONDICIONES DE TRABAJO					
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural		
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos		
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos		
Aplicaci. Revelador: En aerosol					

RESULTADOS OBTENIDOS
Soldaduras inspeccionadas libres de defectos.

CEDEÑO MOREIRA CARLOS ADRIAN
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes				FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-006	N°: END- 06	
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí				OBJETO DEL EXAMEN			
				C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT	
				X			
Pieza: Cercha Metálica				MATERIAL: Acero negro			
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica							
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo							
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE		
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	
					X		
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria					
PENETRANTE		Coloreado					
EMULSIFICADOR		////////////////////////////////////					
REVELADOR		Húmedo no acuoso					
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre					
MARCA		Spotcheck					
Norma		ASTM E-1220-92					
CONDICIONES DE TRABAJO							
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria				Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol				Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol				Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol							

RESULTADOS OBTENIDOS
En la cercha 15-006 después del análisis no se detectó discontinuidades tales como; pequeñas fisuras y porosidades.

CEDEÑO MOREIRA CARLOS ADRIAN
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes				FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-007	N°: END- 07	
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí				OBJETO DEL EXAMEN			
				C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT	
				X			
Pieza: Cercha Metálica				MATERIAL: Acero negro			
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica							
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo							
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE		
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	
					X		
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria					
PENETRANTE		Coloreado					
EMULSIFICADOR		////////////////////////////////////					
REVELADOR		Húmedo no acuoso					
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre					
MARCA		Spotcheck					
Norma		ASTM E-1220-92					
CONDICIONES DE TRABAJO							
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria				Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol				Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol				Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol							

RESULTADOS OBTENIDOS
Analizada cuidadosamente las uniones soldadas de la cercha 15-007 se evidencio una pequeña porosidad.

CEDEÑO MOREIRA CARLOS ADRIAN
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes				FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-008	N°: END- 08	
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí				OBJETO DEL EXAMEN			
				C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT	
				X			
Pieza: Cercha Metálica				MATERIAL: Acero negro			
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica							
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo							
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE		
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	
					X		
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria					
PENETRANTE		Coloreado					
EMULSIFICADOR		////////////////////////////////////					
REVELADOR		Húmedo no acuoso					
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre					
MARCA		Spotcheck					
Norma		ASTM E-1220-92					
CONDICIONES DE TRABAJO							
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria				Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol				Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol				Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol							

RESULTADOS OBTENIDOS
Sin fisuras superficiales

SOLORZANO LOOR JAIRO JAVIER
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes				FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-009	N°: END- 09	
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí				OBJETO DEL EXAMEN			
				C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT	
				X			
Pieza: Cercha Metálica				MATERIAL: Acero negro			
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica							
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo							
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE		
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	
					X		
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria					
PENETRANTE		Coloreado					
EMULSIFICADOR		////////////////////					
REVELADOR		Húmedo no acuoso					
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre					
MARCA		Spotcheck					
Norma		ASTM E-1220-92					
CONDICIONES DE TRABAJO							
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria				Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol				Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol				Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol							

RESULTADOS OBTENIDOS
En el análisis del punto crítico de la cercha número nueve se observó que los cordones de soldadura son bien anchos y resistentes al peso pero 3 cordones tienen demasiada porosidad desde cualquier punto de vista.

SOLORZANO LOOR JAIRO JAVIER
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes		FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-010	N°: END- 10		
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		OBJETO DEL EXAMEN				
		C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT		
		X				
Pieza: Cercha Metálica		MATERIAL: Acero negro				
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica						
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo						
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE	
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE
					X	
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria				
PENETRANTE		Coloreado				
EMULSIFICADOR		////////////////////////////////////				
REVELADOR		Húmedo no acuoso				
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre				
MARCA		Spotcheck				
Norma		ASTM E-1220-92				
CONDICIONES DE TRABAJO						
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol						

RESULTADOS OBTENIDOS
Libre de defectos superficiales.

SOLORZANO LOOR JAIRO JAVIER
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes		FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-011	N°: END- 11		
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		OBJETO DEL EXAMEN				
		C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT		
		X				
Pieza: Cercha Metálica		MATERIAL: Acero negro				
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica						
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo						
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE	
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE
					X	
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria				
PENETRANTE		Coloreado				
EMULSIFICADOR		////////////////////////////////////				
REVELADOR		Húmedo no acuoso				
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre				
MARCA		Spotcheck				
Norma		ASTM E-1220-92				
CONDICIONES DE TRABAJO						
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol						

RESULTADOS OBTENIDOS
En esta cercha no se localizaron discontinuidades.

VERGARA RUIZ EUDORO NICANOR
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes		FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-012	N°: END- 12		
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí		OBJETO DEL EXAMEN				
		C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT		
		X				
Pieza: Cercha Metálica		MATERIAL: Acero negro				
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica						
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo						
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE	
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE
					X	
LIMPIADOR		Solvente, paño y picador de escoria				
PENETRANTE		Coloreado				
EMULSIFICADOR					
REVELADOR		Húmedo no acuoso				
ILUMINACIÓN		Luz natural al aire libre				
MARCA		Spotcheck				
Norma		ASTM E-1220-92				
CONDICIONES DE TRABAJO						
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural			
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos			
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos			
Aplicaci. Revelador: En aerosol						

RESULTADOS OBTENIDOS
Sin fisuras superficiales

VERGARA RUIZ EUDORO NICANOR
INSPECTOR

Análisis de soldadura por liquido penetrantes			FECHA: 20/03/2015	CODIGO: ILP15-013	N°: END- 13
Cliente: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Manabí			OBJETO DEL EXAMEN		
			C.CALIDAD	RECEPCION	MANTENIMIENT
			X		
Pieza: Cercha Metálica			MATERIAL: Acero negro		
ESPECIFICACIÓN: Pieza unida mediante soldadura eléctrica					
CONDICIÓN SUPERFICIAL: Cordón de soldadura presenta escoria e impurezas por polvo					
TIPO Y TÉCNICA DEL ENSAYO	LAVABLE CON AGUA		POS-EMULSIFICANTE		REMOVIBLE CON SOLVENTE
	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO	FLUORESCENTE	ROJO
					X
LIMPIADOR	Solvente, paño y picador de escoria				
PENETRANTE	Coloreado				
EMULSIFICADOR	////////////////////////////////////				
REVELADOR	Húmedo no acuoso				
ILUMINACIÓN	Luz natural al aire libre				
MARCA	Spotcheck				
Norma	ASTM E-1220-92				
CONDICIONES DE TRABAJO					
Limpieza: Retiro de impureza y de escoria			Secado: Con franela y convección natural		
Aplicación penetrantes : En aerosol			Tiempo de penetración: 15 minutos		
Remoci. Pent: Con solvente en aerosol			Tiempo de observación: 10 minutos		
Aplicaci. Revelador: En aerosol					

RESULTADOS OBTENIDOS
Culminado el análisis de la cercha 15-013 se reveló que un cordón presentaba una pequeña discontinuidad

VERGARA RUIZ EUDORO NICANOR
INSPECTOR

ANEXO N° 3

Ficha de inspección por ultrasonido

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM	CODIGO: IU15-001	N°: END - 01
PROYECTO: Tesis de Grado		
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana		
FECHA: 08/04/2015		
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO		
1. EQUIPO EMPLEADO		
EQUIPO: EPOCH 1000i	FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-	FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN		
TIPO DE INSPECCIÓN:	MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
CONDICIÓN	ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION		
Inspección de soldadura en cerchas		
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES		
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm		
5. RESULTADOS OBTENIDOS		
Se pudo evidenciar que tres cordones poseían pequeñas porosidades y dos cordones con fisuras internas.		
INSPECCIONADO POR: Nombre: Andrade Zambrano Erick Enrique	FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-002	N°: END – 02
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1	
CONDICIÓN	ACOPLANTE: CMC		
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
El cordón analizado no presenta defectos.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Andrade Zambrano Erick Enrique		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-003	N°: END – 03
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	CONDICIÓN	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWSD1.1
		ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Examinado los cordones de la cercha, se detectaron ocho cordones con grandes porosidades internas y externas y una pequeña grieta.			
INSPECCIONADO POR:		FIRMA:	
Nombre: Andrade Zambrano Erick Enrique			

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-004	N°: END – 04
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	CONDICIÓN	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
		ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Las uniones soldadas de esta cercha no presentaron defectos.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Cedeño Moreira Carlos Adrián		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-005	N°: END – 05
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	CONDICIÓN	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
		ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
De 12 cordones examinados se detectaron 4 cordones con fisuras internas y pequeñas porosidades.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Cedeño Moreira Carlos Adrián		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-006	N°: END – 06
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	CONDICIÓN	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
		ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Las uniones soldadas no presentaron están libre de defectos.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Cedeño Moreira Carlos Adrián		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-007	N°: END – 07
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	
		PIEZA A ENSAYAR: Cercha	
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	
BLOQUE DE		AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	
CONDICIÓN		ACOPLANTE: CMC	
		PROCEDIMIENTO:TPU01	
		NORMA APLICADA: AWS D1.1	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
En la cercha IU15-007 se detectó dos cordones con una pequeña porosidad y una fisura transversal.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Solórzano Loor Jairo Javier		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-008	N°: END – 08
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE	DE	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
CONDICIÓN		ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Soldaduras inspeccionadas libres de defectos.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Solórzano Loor Jairo Javier		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM	CODIGO: IU15-009	N°: END – 09
PROYECTO: Tesis de Grado		
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana		
FECHA: 08/04/2015		

REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO

1. EQUIPO EMPLEADO

EQUIPO: EPOCH 1000i	FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-	FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha

2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN

TIPO DE INSPECCIÓN:	MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
CONDICIÓN	ACOPLANTE: CMC	

3. DESCRIPCION

Inspección de soldadura en cerchas

4. CARACTERÍSTICAS GENERALES

SOLDADURA:
 Tipo de unión: A tope
 Tipo de soldadura : Ranura
 Espesor de placa: 6mm

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Realizado el ensayo de la cercha IU15-009 se encontraron tres cordones pequeñas grietas y porosidad en la superficie y en el interior del cordón.

INSPECCIONADO POR: Nombre: Nombre: Solórzano Loor Jairo Javier	FIRMA:
---	---------------

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-010	N°: END- 010
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	
		PIEZA A ENSAYAR: Cercha	
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	
BLOQUE DE		AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	
CONDICIÓN		ACOPLANTE: CMC	
		PROCEDIMIENTO:TPU01	
		NORMA APLICADA: AWS D1.1	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Soldaduras libres de defectos.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Vergara Ruiz Eudoro Nicanor		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-011	N°: END- 011
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	CONDICIÓN	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
		ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Realizado el ensayo de la cercha detectó discontinuidades.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Vergara Ruiz Eudoro Nicanor		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-012	N°: END- 012
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-	FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha	
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:	MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01	
BLOQUE DE	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1	
CONDICIÓN	ACOPLANTE: CMC		
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Cordones de soldaduras libres de defectos.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Vergara Ruiz Eudoro Nicanor		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-013	N°: END- 013
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE DE	AJUSTE DE	SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
CONDICIÓN	ACOPLANTE: CMC		
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Realizado el ensayo en la cercha se detectó un cordón con fisuras interiores.			
INSPECCIONADO POR: Nombre: Vergara Ruiz Eudoro Nicanor		FIRMA:	

CLIENTE: Laboratorio De Ciencias Agropecuarias UTM		CODIGO: IU15-001	N°: END - 01
PROYECTO: Tesis de Grado			
LOCALIZACIÓN: Lodana- Santa Ana			
FECHA: 08/04/2015			
REPORTE DE INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO			
1. EQUIPO EMPLEADO			
EQUIPO: EPOCH 1000i		FECHA DE CALIBRACIÓN: 08/04/2015	
TRANSDUCTOR: C542-		FRECUENCIA: 2.25 MHz	PIEZA A ENSAYAR: Cercha
2. PARAMETROS DE INSPECCIÓN			
TIPO DE INSPECCIÓN:		MÉTODO DE CALIBRACIÓN:	PROCEDIMIENTO:TPU01
BLOQUE	DE	AJUSTE DE SENSIBILIDAD:	NORMA APLICADA: AWS D1.1
CONDICIÓN		ACOPLANTE: CMC	
3. DESCRIPCION			
Inspección de soldadura en cerchas			
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SOLDADURA: Tipo de unión: A tope Tipo de soldadura : Ranura Espesor de placa: 6mm			
5. RESULTADOS OBTENIDOS			
Se pudo evidenciar que tres cordones poseían pequeñas porosidades y dos cordones con fisuras internas.			
INSPECCIONADO POR:		FIRMA:	
Nombre: Andrade Zambrano Erick Enrique			

ANEXO N° 4

Imágenes de los ensayos aplicados



Fig.4.1 Material destinado para la obra



Fig. 4.2 Material destinado para la obra



Fig. 4.3 Construcción de la estructura



Fig. 4.4 Construcción de la estructura



Fig. 4.5 Estructura terminada



Fig. 4.6 Estructura culminada



Fig. 4.7 Limpieza de la escoria previa a la inspección visual



Fig. 4.8 Limpieza del Cordón de soldadura antes de la inspección visual



Fig.4.9 Limpieza del cordón a inspeccionar



Fig. 4.10 Aplicación del cleaner para la limpieza



Fig. 4.11 Inspección Visual del cordón



Fig. 4.12 Inspección Visual del cordón



Fig.4.13 Aplicación de la tinta penetrante



Fig. 4.14 Aplicación de la tinta penetrante



Fig.4.15Revelado de las fisuras



Fig.4.16 Revelado de las fisuras



Fig.4.17 Indicación de la fisura



Fig.4.18 Revelado de las porosidades



Fig.4.19 Discontinuidades en el cordon de soldadura



Fig. 4.20 Revelado de la inspeccion



Fig. 4.21 Kit de líquidos penetrantes, instrumentos de limpieza



Fig. 4.22 Inspectores de ensayo no destructivo



Fig.4.23 Equipo de inspección de ultrasonido



Fig. 4.24 Calibración del equipo de ultrasonido



Fig.4.25 Inspección por ultrasonido



Fig.4.26 Inspección por ultrasonido