TESI
IC20
V4
V.2

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXOS

CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

REALIZADO POR VERA B., Marco Antonio

PROFESOR GUIA ING. VELÁSQUEZ., José Manuel
ING. VERA M., Miguel

FECHA Junio, 2005

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXOS

CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECINUEVE PUNTOS

JURADO EXAMINADOR

Firma:
Nombre: José M. Velásquez

Firma:
Nombre:

Firma:
Nombre: Francisco Marcano

REALIZADO POR	VERA B., Marco Antonio
PROFESOR GUIA	ING. VELÁSQUEZ., José Manuel ING. VERA M., Miguel
FECHA	Junio, 2005

Anexo A - Diseño de Juntas Soldadas

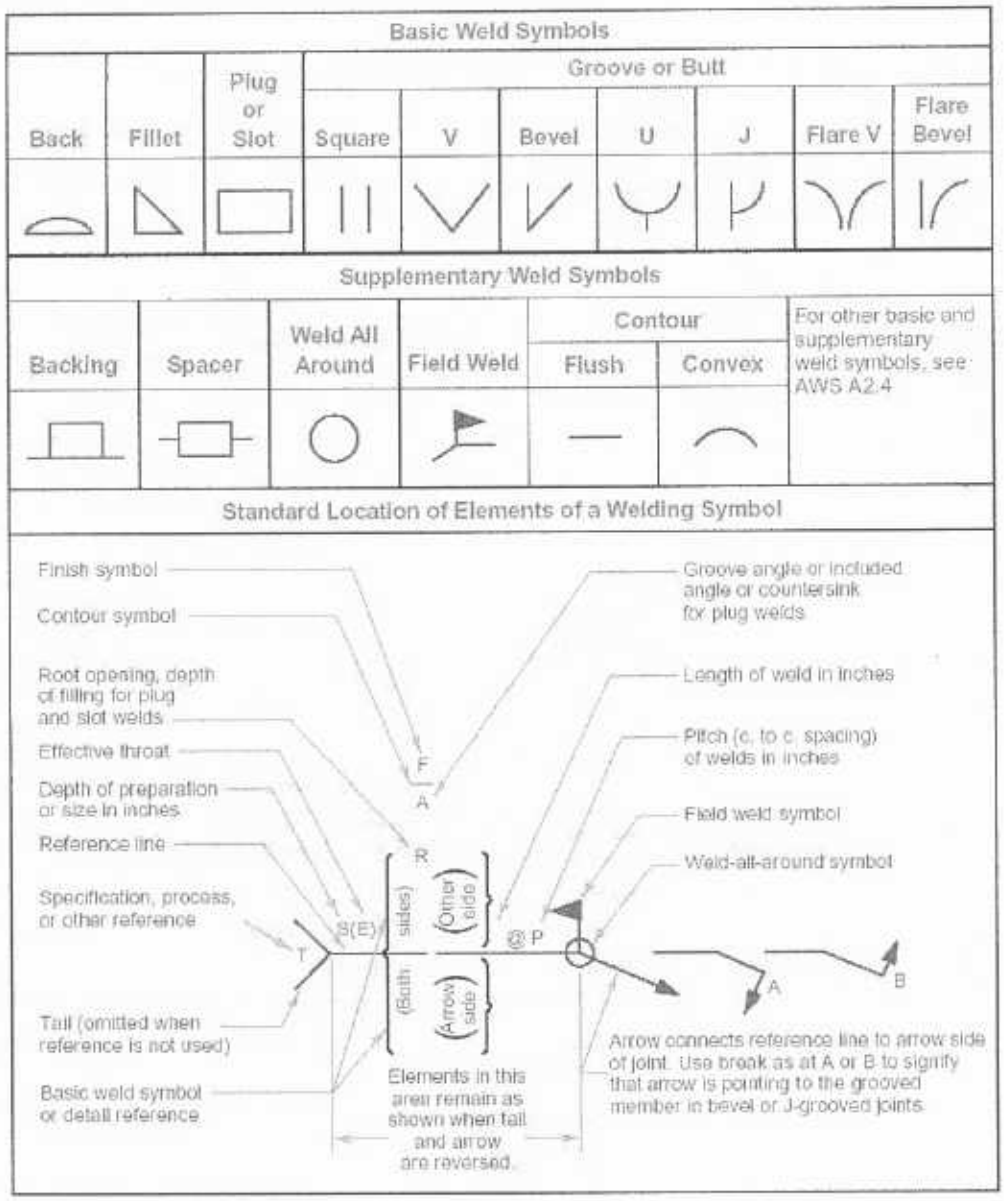
A.1. Símbolos de Soldadura

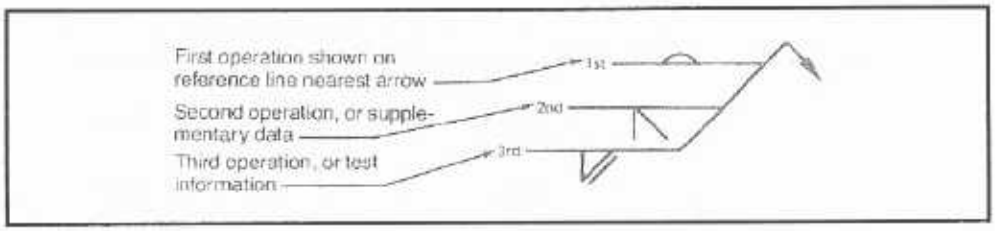
A.2. Diseño de Juntas Soldadas con Penetración Completa más utilizadas en Estructuras (Edificios y Puentes)

A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas

Anexo A - Diseño de Juntas Soldadas

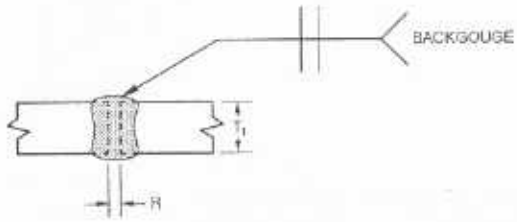
A.1. Símbolos de Soldadura





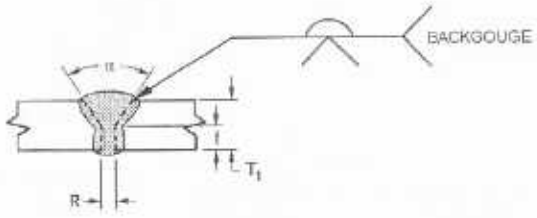
A.2. Diseño de Juntas Soldadas con Penetración Completa más utilizadas en Estructuras (Edificios y Puentes)

Juntas a Tope



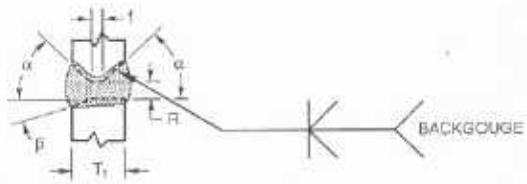
Ranura Recta

Proceso	Espesor Metal Base	Preparación de la Ranura
SMAW	1/4 max	R = T1/2
SAW	5/8 max	R = 0



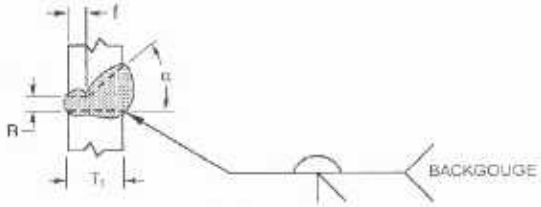
Ranura en V

Proceso	Espesor Metal Base	Preparación de la Ranura
SMAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 0 - 1/8 max α = 60°
SAW	¼ - 1	R = 0 f = ¼ max α = 60°
	1 - 1½	R = 0 f = ½ max α = 60°
	1½ - 2	R = 0 f = 5/8 max α = 60°



Ranura con doble bisel (ranura en K)

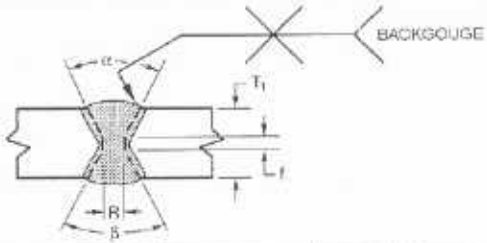
Proceso	Espesor Metal Base	Preparación de la Ranura
SMAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 0 - 1/8 α = 45° β = 0 - 15°



Ranura con bisel simple

Proceso	Espesor Metal Base	Preparación de la Ranura
SMAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 0 - 1/8 max α = 60°
SAW	ilimitado	R = 0 f = 1/4 max α = 60°

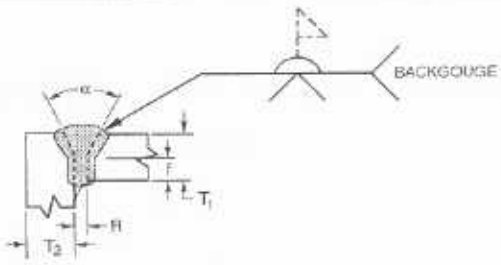
Ranura en doble V



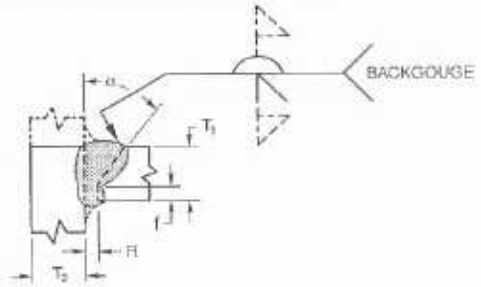
Proceso	Espesor Metal Base	Preparación de la Ranura
SMAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 0 - 1/8 max α = β = 60°
SAW	ilimitado	R = 0 f = 1/4 min α = β = 60°

Extraído parcialmente del Código AWS D1.1 de la parte correspondiente a Juntas Precalificadas
Nota: todas las medidas están en pulgadas

Juntas en L ó T



Ranura en V

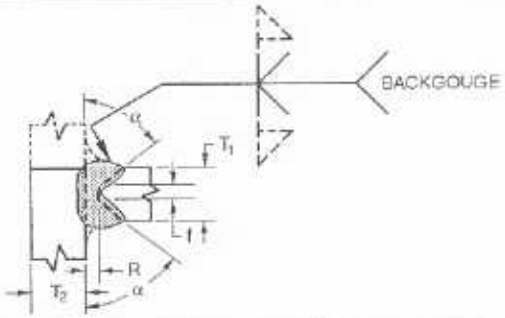


Ranura con bisel simple

Proceso	Espesor Metal Base (T1 y T2)	Preparación de la Ranura
SMAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 0 - 1/8 max α = 60°
SAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 1/4 max α = 60°

Proceso	Espesor Metal Base (T1 y T2)	Preparación de la Ranura
SMAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 0 - 1/8 max α = 45°
SAW	ilimitado	R = 0 f = 1/4 max α = 60°

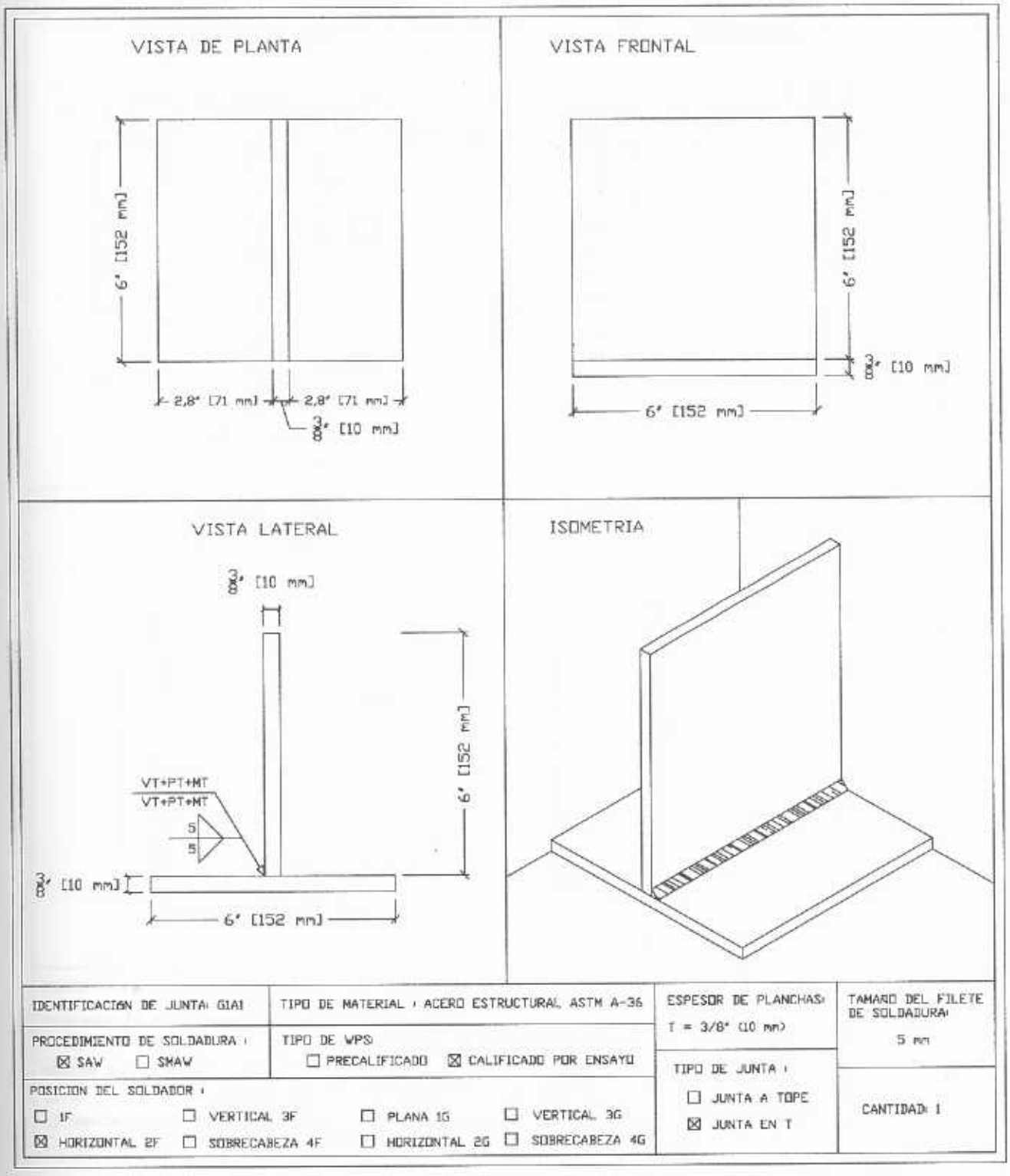
Ranura con doble bisel
(ranura en K)



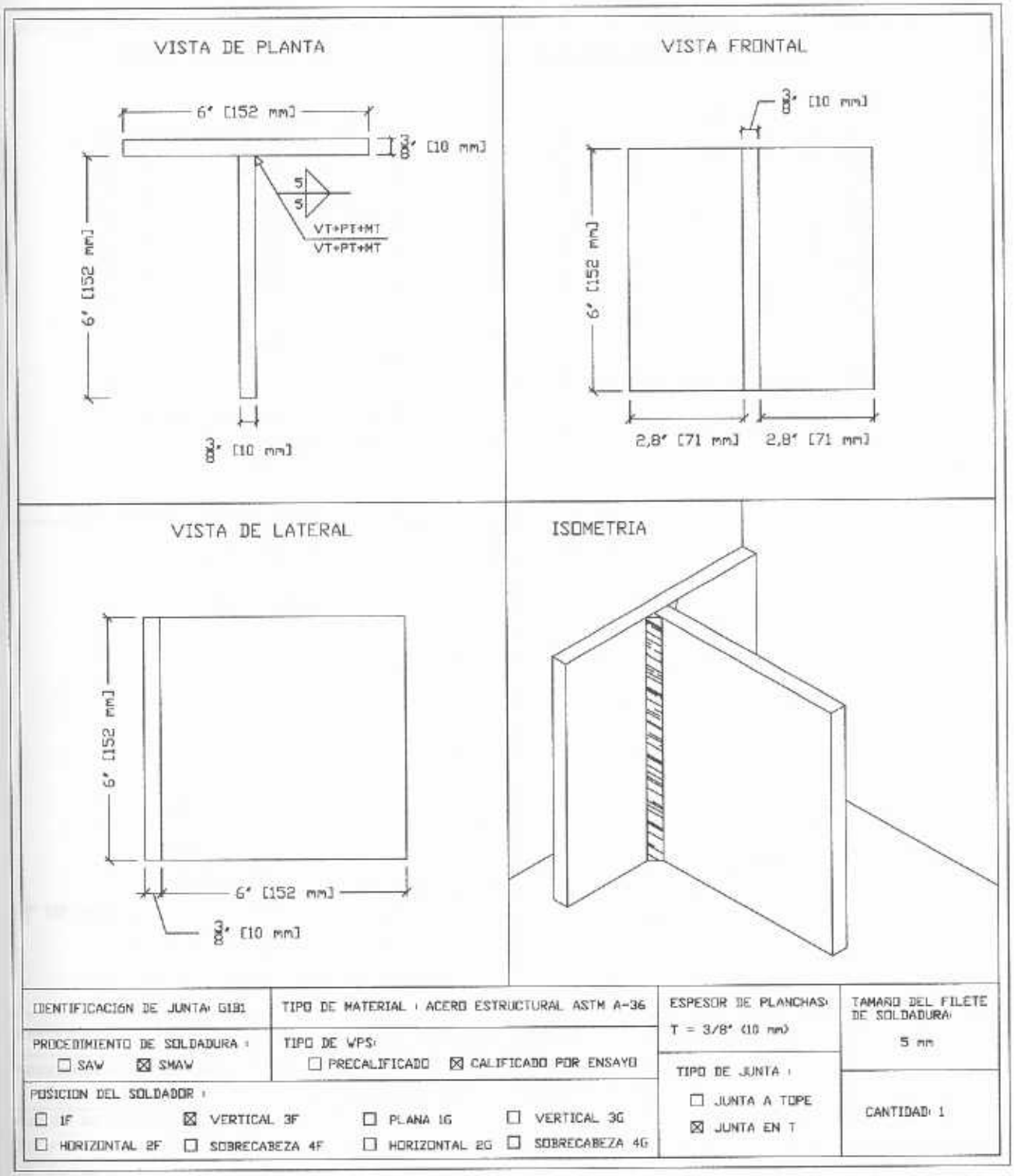
Proceso	Espesor Metal Base (T1 y T2)	Preparación de la Ranura
SMAW	ilimitado	R = 0 - 1/8 f = 0 - 1/8 max α = 45°
SAW	ilimitado	R = 0 f = 3/16 max α = 60°

Extraído parcialmente del Código AWS D1.1 de la parte correspondiente a Juntas Precalificadas
Nota: todas las medidas están en pulgadas

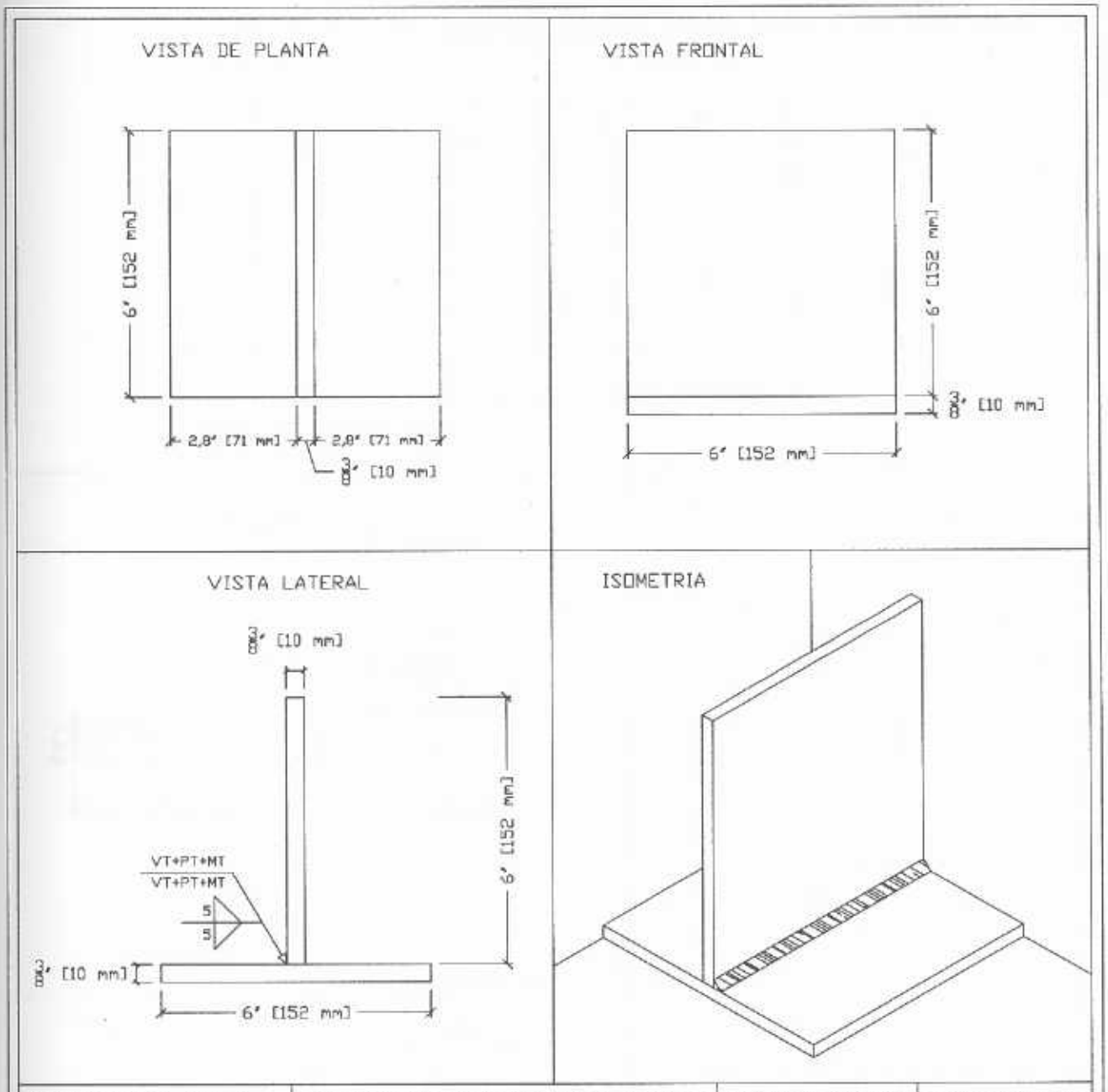
A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas



A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas

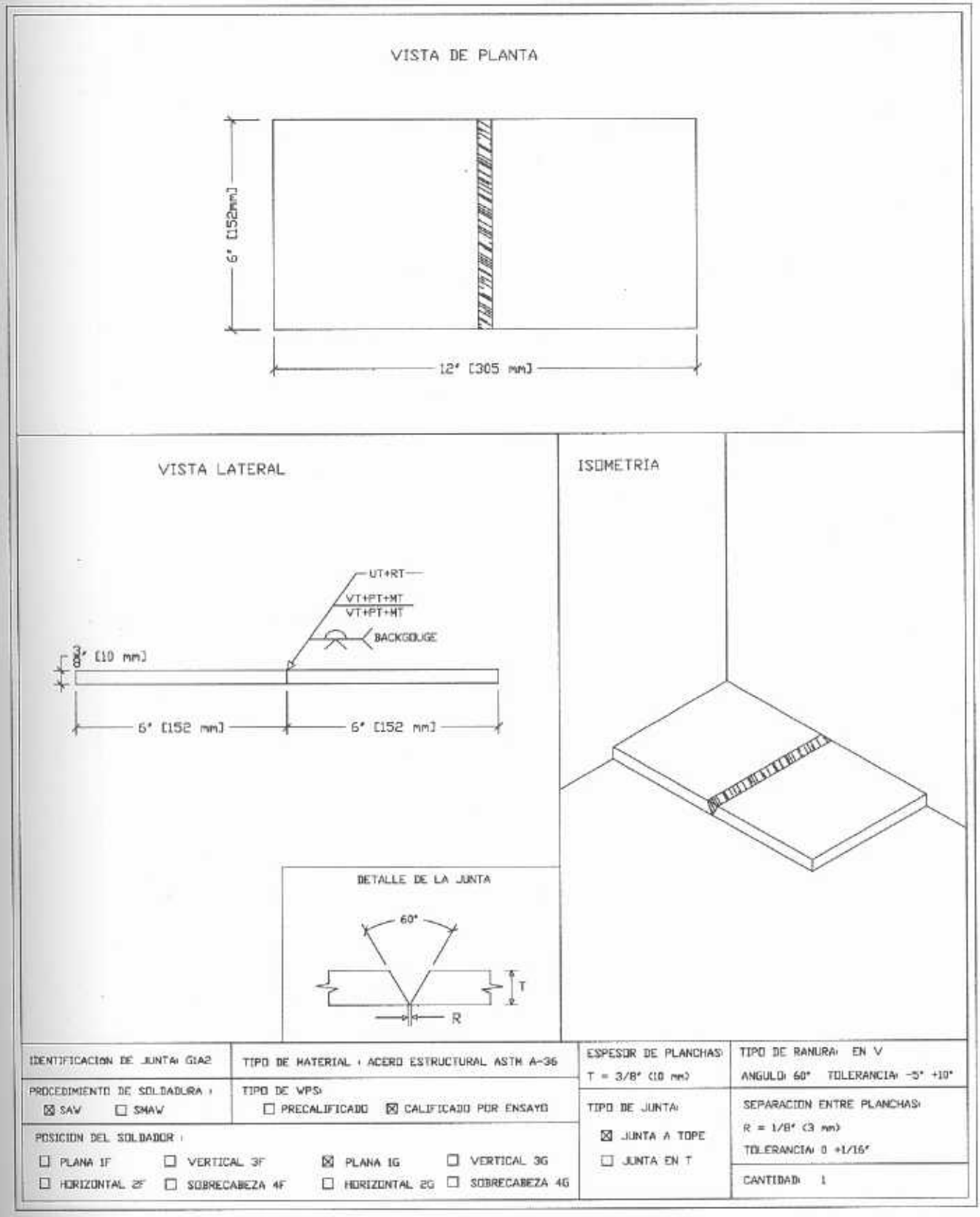


A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas

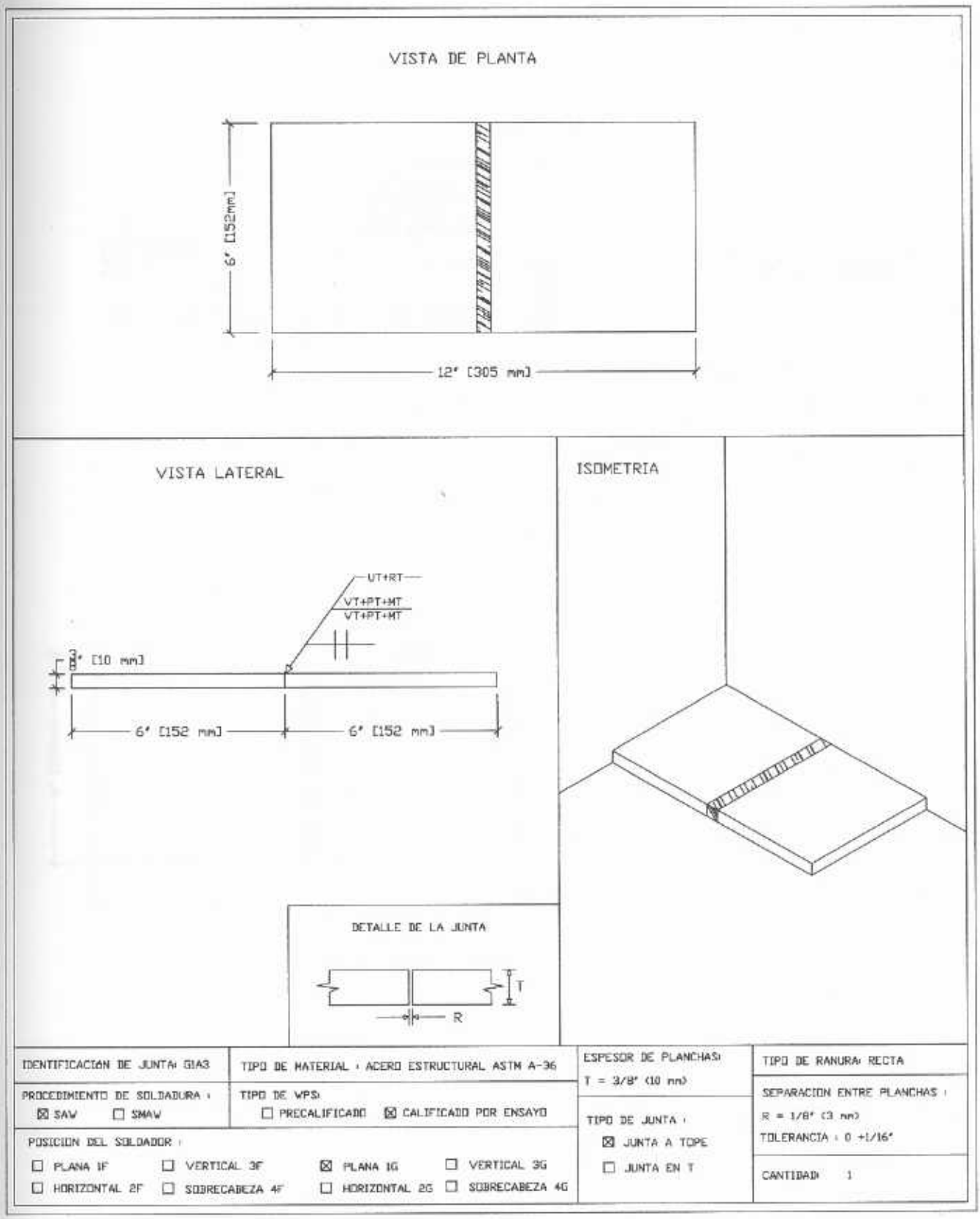


IDENTIFICACION DE JUNTA: B1	TIPO DE MATERIAL : ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	ESPESOR DE PLANCHAS: T = 3/8" (10 mm)	TAMAÑO DEL FILETE DE SOLDADURA: 5 mm
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA : ☐ SAW ☒ SMAW	TIPO DE WPS: ☐ PRECALIFICADO ☒ CALIFICADO POR ENSAYO	TIPO DE JUNTA : ☐ JUNTA A TOPE ☒ JUNTA EN T	CANTIDAD: 1
POSICION DEL SOLDADOR : ☐ 1F ☐ VERTICAL 3F ☐ PLANA 1G ☐ VERTICAL 3G ☒ HORIZONTAL 2F ☐ SOBRECABEZA 4F ☐ HORIZONTAL 2G ☐ SOBRECABEZA 4G			

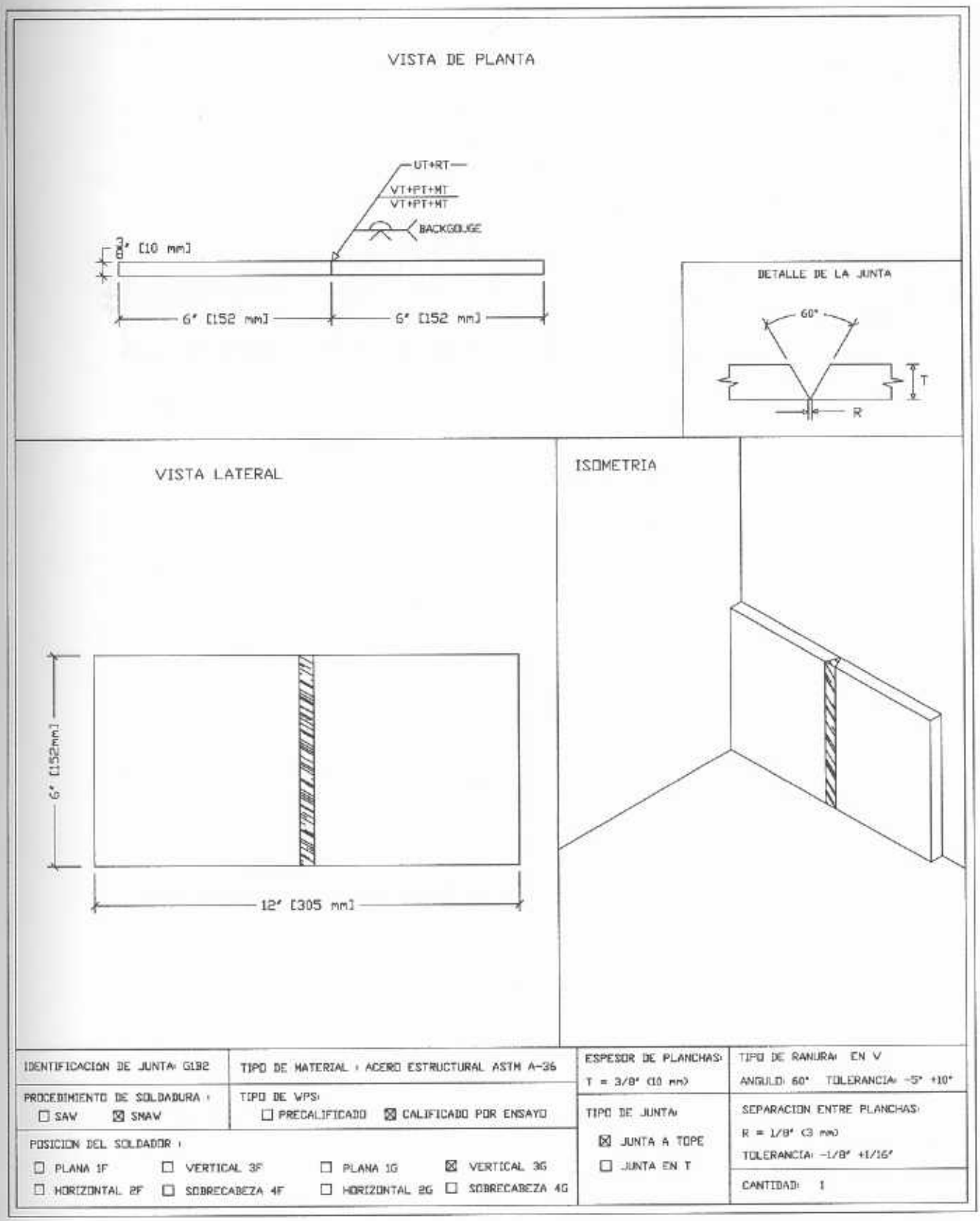
A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas



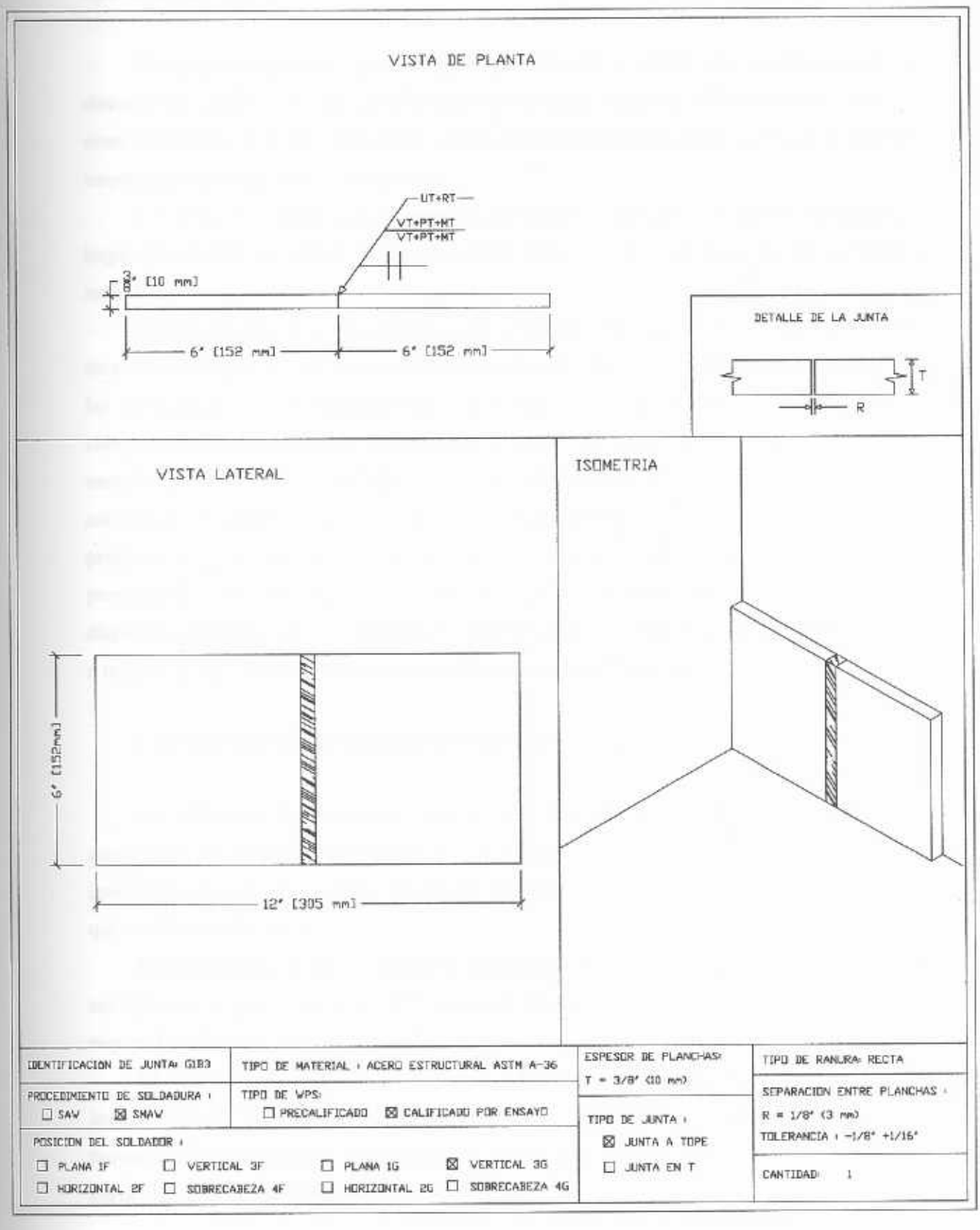
A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas



A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas



A.3. Diseño de Probetas con Juntas Soldadas



Anexo B - Especificación de Procedimiento de Soldadura - EPS (Welding Procedure Specification - WPS)

Una especificación de procedimiento de soldadura es un documento que contiene y describe las variables que aplican a los procesos y operaciones de soldadura a emplearse, así como los límites de los valores dentro de los que estas variables están calificadas y pueden emplearse en producción o construcción.

Las EPS se preparan con el propósito de dirigir a soldadores y operadores para que hagan las soldaduras de manera que se asegure que se cumplen los requisitos de las normas aplicables.

Todo fabricante o contratista que realiza trabajos bajo un código, debe preparar por escrito (ya sea que se trate de procedimientos precalificados o a calificar con pruebas) todas las especificaciones de procedimiento de soldadura a emplear, de manera que queden cubiertas todas las variables, operaciones y aplicaciones de cada trabajo o proyecto, y cumpliendo con los requisitos específicos del código aplicable; también debe proceder a su calificación y aprobación (esta última por parte del Ingeniero o el representante del propietario, o por el inspector autorizado). Así mismo, debe proporcionar estas EPS al personal de soldadura para que le sirvan como guía para los trabajos a realizar, y tenerlas disponibles para la revisión y las actividades de inspección de los inspectores de las segundas o terceras partes involucradas, ya sea por requisitos contractuales o de norma.

Calificación de Procedimientos de Soldadura

La calificación de un procedimiento consiste en soldar un ensamble o cupón de prueba empleando las variables establecidas en la especificación de procedimiento de soldadura (preliminar) a calificar, y obtener de éste las probetas o especimenes para realizar los ensayos que establece cada norma.

El propósito de la calificación de un procedimiento es determinar que la ensambladura soldada que se propone (en la EPS) para construcción, es capaz de tener las propiedades requeridas para la aplicación intentada.

El tipo y número de ensayos que se deben realizar depende del tipo de soldadura involucrado (de ranura o de filete, por ejemplo), y para un mismo tipo de soldadura, los requisitos de cada código son diferentes, por lo que es necesario consultar cada norma particular a fin de identificar sus requisitos específicos.

Se hace énfasis en la necesidad de remitirse a cada norma aplicable, ya que para soldaduras de ranura y para la mayoría de las aplicaciones, el Código AWS D1.1 requiere, dos de doblado de cara y dos de doblado de raíz (o cuatro de doblado lateral, en sustitución de las de cara y raíz, cuando los espesores del cupón de prueba son de 3/8" o mayores), además de inspecciones visual y no destructiva del cupón de prueba.

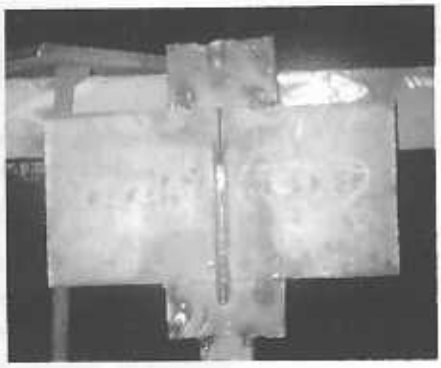
Si las pruebas realizadas a los especimenes cumplen los criterios de aceptación de resistencia a la tensión y de ductilidad (doblado) se comprueba que la unión soldada obtenida con el procedimiento propuesto para construcción tiene las propiedades requeridas para la aplicación intentada y la calificación es satisfactoria.

Los resultados de estos ensayos y los valores reales de las variables empleadas para soldar el ensamble de prueba deben ser documentadas en un *Registro de Calificación de Procedimiento - RCP (Procedure Qualification Record - PQR)*, para el cual, cada norma incluye sus formatos recomendados.

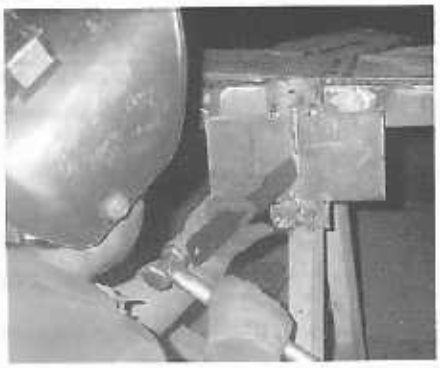
Una vez que las pruebas se realizaron y sus resultados son satisfactorios según los criterios de aceptación establecidos, se procede a hacer los cambios aplicables en la EPS preliminar, de acuerdo con los valores reales de las variables empleadas en las pruebas de calificación del procedimiento, y se emiten la EPS y el RCP definitivos.

En el RCP, el fabricante o contratista debe certificar que los cupones y los especimenes de prueba se prepararon, soldaron y ensayaron cumpliendo los requisitos especificados. Adicionalmente, el EPS calificado debe proporcionarse a los soldadores u operadores que lo van a emplear, y tal EPS, así como el RCP correspondiente, deben tenerse disponible para la revisión de los representantes del cliente y para las actividades aplicables del inspector de soldadura.

Conviene mencionar que también pueden calificarse procedimientos a ser empleados para producir solamente soldaduras de filete y, en este caso, las pruebas que se deben realizar son otras: de macroataque, principalmente.



a) Primer pase de soldadura o pase de sello



b) limpieza de la escoria

c) Esmerilado de la raíz del pase de sello o de penetración

d) Aplicación del último pase o backweld

Fig. B.1 - Etapas del Proceso de Soldadura SMAW en una junta a tope en posición 3G

Fig. B.2 - Proceso de Soldadura SAW en una junta a tope con una máquina LT-7

ANEXO B
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
PRECALIFICADO __ CALIFICADO POR EXAMEN x

Nombre de la Compañía: IMVD

Identificación # : G1A1

Revisado por: _____ **Fecha:** _____

Autorizado por: _____ **Fecha:** _____

Procedimiento de Soldadura: SAW

Soporte RCP No.(s): __

Tipo- Manual ☐ **Semi-automático** ☐
Máquina ☒ **Automático** ☐

DISEÑO DE JUNTA

Tipo: en T

Soldadura única ☒ **Soldadura Doble** ☐

Refuerzo de Respaldo: Si ☐ **No** ☒

Material Refuerzo de Respaldo: _____

Abertura de la raíz: _____

Dimensión de la cara de la raíz: _____

Angulo de bisel: _____ **radio (J-U):** _____

Carboneo en el respaldo posterior: Si ☐ **No** ☒

Método: _____

POSICIÓN

Posición del bisel: _____ **Posición del Filete:** 2F

Progresión Vertical: Subiendo ☐ **Bajando** ☐

TRATAMIENTO DE CALENTAMIENTO POST SOLDADURA

Temperatura: _____

Tiempo: _____

METAL BASE

Especificación del Material: ASTM A-36

Tipo o Grado: ____

Espesor. Bisel: _____ **Filete:** 3/8" (10 mm)

Diámetro (tubería) : _____

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de transferencia (GMWA):

Circuito corto ☐ **Globular** ☐ **Spray** ☐

Corriente: AC ☐ **DCEP** ☒ **DCEN** ☐ **Pulsante** ☐

Electrodo de Tungsteno (GTWA):

Tamaño: _____ **Tipo:** _____

METAL DE APORTE

Especificación AWS: A5.17

Clasificación AWS: EM12K

PROTECCIÓN

Fundente: 860 **Gas:** _____ **Composición:** Neutro

Electrodo-Fundente (clase): F7A2-EM12K

Rata de Flujo: ____

Tamaño de Boquilla del gas: _____

PRECALENTAMIENTO

Temperatura mínima de precalentamiento: _____

Temperatura mínima de interpases: _____

Temperatura máxima de interpases: _____

TÉCNICA

Pases Rectos u Ondulados: Pases Rectos

Pase Múltiple o Pase único (Por lado): Pase único

Número de electrodos: 1

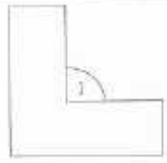
Espacio de electrodo **Longitudinal:** _____
Lateral: _____
Angulo: _____

Distancia de trabajo a la Boquilla de contacto: _____

Martilleo: ____

Limpieza de Interpase: Remoción de la escoria

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pases o Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de viaje IPM	Detalle de junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)			
1	SAW	EM12K	1/8"	DC+	400 ± 10%	31 ± 7%	12 ± 15%	

ANEXO B
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
PRECALIFICADO __ CALIFICADO POR EXAMEN x

Nombre de la Compañia: IMVD

Identificación # : G1B1

Revisado por: _____ Fecha: _____

Procedimiento de Soldadura: SMAW

Soporte RCP No.(s): __

Autorizado por: _____ Fecha: _____

DISEÑO DE JUNTA

Tipo- Manual ☒ Semi-automático ☐
Máquina ☐ Automático ☐

Tipo: en T

Soldadura única ☒ Soldadura Doble ☐

Refuerzo de Respaldo: Si ☐ No ☒

Material Refuerzo de Respaldo: _____

Abertura de la raiz: _____

Dimensión de la cara de la raiz: _____

Angulo de bisel: _____ radio (J-U): _____

Carboneo en el respaldo posterior: Si ☐ No ☒

Método: _____

POSICIÓN

Posición del bisel: _____ Posición del Filete: 3F

Progresión Vertical: Subiendo ☒ Bajando ☐

TRATAMIENTO DE CALENTAMIENTO POST SOLDADURA

Temperatura: _____

Tiempo: _____

METAL BASE

Especificación del Material: ASTM A-36

Tipo o Grado: ____

Espesor. Bisel: _____ Filete: 3/8" (10 mm)

Diámetro (tubería) : _____

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de transferencia (GMWA):

Circuito corto ☐ Globular ☐ Spray ☐

Corriente: AC ☐ DCEP ☒ DCEN ☐ Pulsante ☐

Electrodo de Tungsteno (GTWA):

Tamaño: _____ Tipo: _____

METAL DE APORTE

Especificación AWS: A5.5

Clasificación AWS: E7018

PROTECCIÓN

Fundente: ____ Gas: _____ Composición: _____

Electrodo-Fundente (clase): _____

Rata de Flujo: ____

Tamaño de Boquilla del gas: _____

PRECALENTAMIENTO

Temperatura mínima de precalentamiento: _____

Temperatura mínima de interpases: _____

Temperatura máxima de interpases: _____

TÉCNICA

Pases Rectos u Ondulados: Pases Ondulados

Pase Múltiple o Pase único (Por lado): Pase único

Número de electrodos: 1

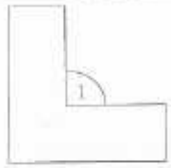
Espacio de electrodo Longitudinal: _____
Lateral: _____
Angulo: _____

Distancia de trabajo a la Boquilla de contacto: _____

Martilleo: ____

Limpieza de Interpase: Remoción de la escoria

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pases o Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de viaje IPM	Detalle de junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)			
1	SMAW	E7018	5/32"	DC+	180 ± 10%	28 ± 7%	3 ± 15%	

ANEXO B
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
PRECALIFICADO __ CALIFICADO POR EXAMEN x

Nombre de la Compañía: IMVD

Identificación # : B1

Revisado por: _____ **Fecha:** _____

Procedimiento de Soldadura: SMAW

Soporte RCP No.(s): __

Autorizado por: _____ **Fecha:** _____

DISEÑO DE JUNTA

Tipo: en T

Tipo- Manual ☒ **Semi-automático** ☐
Máquina ☐ **Automático** ☐

Soldadura única ☒ **Soldadura Doble** ☐

Refuerzo de Respaldo: Si ☐ **No** ☒

Material Refuerzo de Respaldo: _____

Abertura de la raíz: _____

Dimensión de la cara de la raíz: _____

Angulo de bisel: _____ **radio (J-U):** _____

Carboneo en el respaldo posterior: Si ☐ **No** ☒

Método: _____

POSICIÓN

Posición del bisel: _____ **Posición del Filete:** 2F

Progresión Vertical: Subiendo ☐ **Bajando** ☐

TRATAMIENTO DE CALENTAMIENTO POST SOLDADURA

Temperatura: _____

Tiempo: _____

METAL BASE

Especificación del Material: ASTM A-36

Tipo o Grado: ____

Espesor. Bisel: _____ **Filete:** 3/8" (10 mm)

Diámetro (tubería) : _____

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de transferencia (GMWA):

Circuito corto ☐ **Globular** ☐ **Spray** ☐

Corriente: AC ☐ **DCEP** ☒ **DCEN** ☐ **Pulsante** ☐

Electrodo de Tungsteno (GTWA):

Tamaño: _____ **Tipo:** _____

METAL DE APORTE

Especificación AWS: A5.5

Clasificación AWS: E7018

PROTECCIÓN

Fundente: ____ **Gas:** _____ **Composición:** _____

Electrodo-Fundente (clase): _____

Rata de Flujo: ____ **Tamaño de Boquilla del gas:** _____

PRECALENTAMIENTO

Temperatura mínima de precalentamiento: _____

Temperatura mínima de interpases: _____

Temperatura máxima de interpases: _____

TÉCNICA

Pases Rectos u Ondulados: Pases Ondulados

Pase Múltiple o Pase único (Por lado): Pase único

Número de electrodos: 1

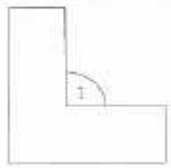
Espacio de electrodo **Longitudinal:** _____
Lateral: _____
Angulo: _____

Distancia de trabajo a la Boquilla de contacto: _____

Martilleo: ____

Limpieza de Interpase: Remoción de la escoria

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pases o Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de viaje IPM	Detalle de junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)			
1	SMAW	E7018	5/32"	DC+	180 ± 10%	28 ± 7%	4 ± 15%	

ANEXO B
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
PRECALIFICADO __ CALIFICADO POR EXAMEN x

Nombre de la Compañía: IMVD

Identificación # : G1A2

Revisado por: _____ **Fecha:** _____

Procedimiento de Soldadura: SAW

Soporte RCP No.(s): 1

Autorizado por: _____ **Fecha:** _____

DISEÑO DE JUNTA

Tipo: a Tope con Ranura en V

Tipo- Manual ☐ **Semi-automático** ☐
Máquina ☒ **Automático** ☐

Soldadura única ☒ **Soldadura Doble** ☐

Refuerzo de Respaldo: Si ☒ **No** ☐

Material Refuerzo de Respaldo: soldadura

Abertura de la raiz: 1/8"

Dimensión de la cara de la raiz: _____

Angulo de bisel: 30° **radio (J-U):** _____

Carboneo en el respaldo posterior: Si ☒ **No** ☐

Método: _____

POSICIÓN

Posición del bisel: 1G **Posición del Filete:** ____

Progresión Vertical: Subiendo ☐ **Bajando** ☐

TRATAMIENTO DE CALENTAMIENTO POST SOLDADURA

Temperatura: _____

Tiempo: _____

METAL BASE

Especificación del Material: ASTM A-36

Tipo o Grado: ____

Espesor. Bisel: 3/8" (10 mm) **Filete:** _____

Diámetro (tuberia) : _____

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de transferencia (GMWA):

Circuito corto ☐ **Globular** ☐ **Spray** ☐

Corriente: AC ☐ **DCEP** ☒ **DCEN** ☐ **Pulsante** ☐

Electrodo de Tungsteno (GTWA):

Tamaño: _____ **Tipo:** _____

METAL DE APORTE

Especificación AWS: A5.5 / A5.17

Clasificación AWS: E7018 / EM12K

PROTECCIÓN

Fundente: 860 **Gas:** _____ **Composición:** Neutro

Electrodo-Fundente (clase): F7A2-EM12K

Rata de Flujo: ____ **Tamaño de Boquilla del gas:** _____

PRECALENTAMIENTO

Temperatura minima de precalentamiento: _____

Temperatura minima de interpases: _____

Temperatura máxima de interpases: _____

TÉCNICA

Pases Rectos u Ondulados: Pases Rectos

Pase Múltiple o Pase único (Por lado): Pase Múltiple

Número de electrodos: 1

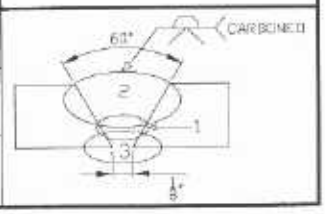
Espacio de electrodo **Longitudinal:** _____
Lateral: _____
Angulo: _____

Distancia de trabajo a la Boquilla de contacto: 1"

Martilleo: ____

Limpieza de Interpase: Remoción de la escoria

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pases o Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de viaje IPM	Detalle de junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)			
1	SMAW	E7018	5/32"	DC+	110 ± 10%	28 ± 7%	4 ± 15%	
2	SAW	EM12K	1/8"	DC+	400 ± 10%	28 ± 7%	17 ± 15%	
3	SAW	EM12K	1/8"	DC+	400 ± 10%	29 ± 7%	10 ± 15%	

ANEXO B
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
PRECALIFICADO __ CALIFICADO POR EXAMEN x

Nombre de la Compañía: IMVD

Procedimiento de Soldadura: SAW
Soporte RCP No.(s): 2

DISEÑO DE JUNTA

Tipo: a Tope con Ranura Recta
Soldadura única ☒ **Soldadura Doble** ☐
Refuerzo de Respaldo: Si ☐ **No** ☒
Material Refuerzo de Respaldo: _____
Abertura de la raíz: 1/8"
Dimensión de la cara de la raíz: _____
Angulo de bisel: ___ **radio (J-U):** _____
Carboneo en el respaldo posterior: Si ☐ **No** ☒
Método: _____

Identificación # : G1A3
Revisado por: _____ **Fecha:** _____

Autorizado por: _____ **Fecha:** _____

Tipo- Manual ☐ **Semi-automático** ☐
Máquina ☒ **Automático** ☐

POSICIÓN

Posición del bisel: 1G **Posición del Filete:** ____
Progresión Vertical: Subiendo ☐ **Bajando** ☐

TRATAMIENTO DE CALENTAMIENTO POST SOLDADURA

Temperatura: _____
Tiempo: _____

METAL BASE

Especificación del Material: ASTM A-36
Tipo o Grado: ____

Espesor. Bisel: 3/8" (10 mm) **Filete:** _____

Diámetro (tubería) : _____

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de transferencia (GMWA):
Circuito corto ☐ **Globular** ☐ **Spray** ☐

Corriente: AC ☐ **DCEP** ☒ **DCEN** ☐ **Pulsante** ☐

Electrodo de Tungsteno (GTWA):
Tamaño: _____ **Tipo:** _____

METAL DE APORTE

Especificación AWS: A5.5
Clasificación AWS: E7018

PROTECCIÓN

Fundente: 860 **Gas:** _____ **Composición:** Neutro
Electrodo-Fundente (clase): F7A2-EM12K
Rata de Flujo: ____ **Tamaño de Boquilla del gas:** _____

PRECALENTAMIENTO

Temperatura mínima de precalentamiento: _____
Temperatura mínima de interpases: _____
Temperatura máxima de interpases: _____

TÉCNICA

Pases Rectos u Ondulados: Pases Rectos

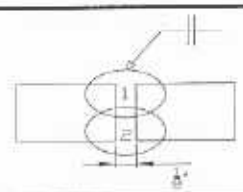
Pase Múltiple o Pase único (Por lado): Pase Múltiple

Número de electrodos: 1
Espacio de electrodo **Longitudinal:** _____
Lateral: _____
Angulo: _____

Distancia de trabajo a la Boquilla de contacto: 1"

Martilleo: ____
Limpieza de Interpase: Remoción de la escoria

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pases o Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de viaje IPM	Detalle de junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)			
1	SAW	EM12K	1/8"	DC+	500 ± 10%	30 ± 7%	10 ± 15%	
2	SAW	EM12K	1/8"	DC+	500 ± 10%	30 ± 7%	10 ± 15%	

ANEXO B
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)
PRECALIFICADO __ CALIFICADO POR EXAMEN x

Nombre de la Compañia: IMVD

Identificación # : G1B2

Revisado por: _____ Fecha: _____

Autorizado por: _____ Fecha: _____

Procedimiento de Soldadura: SMAW

Soporte RCP No.(s): 3

Tipo- Manual ☒ Semi-automático ☐
Máquina ☐ Automático ☐

DISEÑO DE JUNTA

Tipo: a Tope con Ranura en V

Soldadura única ☒ Soldadura Doble ☐

Refuerzo de Respaldo: Si ☒ No ☐

Material Refuerzo de Respaldo: soldadura

Abertura de la raiz: 1/8"

Dimensión de la cara de la raiz: _____

Angulo de bisel: 30° radio (J-U): _____

Carboneo en el respaldo posterior: Si ☒ No ☐

Método: _____

POSICIÓN

Posición del bisel: 3G Posición del Filete: ____

Progresión Vertical: Subiendo ☒ Bajando ☐

TRATAMIENTO DE CALENTAMIENTO POST SOLDADURA

Temperatura: _____

Tiempo: _____

METAL BASE

Especificación del Material: ASTM A-36

Tipo o Grado: ____

Espesor. Bisel: 3/8" (10 mm) Filete: _____

Diámetro (tuberia) : _____

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de transferencia (GMWA):

Circuito corto ☐ Globular ☐ Spray ☐

Corriente: AC ☐ DCEP ☒ DCEN ☐ Pulsante ☐

Electrodo de Tungsteno (GTWA):

Tamaño: _____ Tipo: _____

METAL DE APORTE

Especificación AWS: A5.5

Clasificación AWS: E7018

PROTECCIÓN

Fundente: ____ Gas: _____ Composición: _____

Electrodo-Fundente (clase): _____

Rata de Flujo: ____ Tamaño de Boquilla del gas: _____

PRECALENTAMIENTO

Temperatura minima de precalentamiento: _____

Temperatura minima de interpases: _____

Temperatura máxima de interpases: _____

TÉCNICA

Pases Rectos u Ondulados: Pases Ondulados

Pase Múltiple o Pase único (Por lado): Pase Múltiple

Número de electrodos: 1

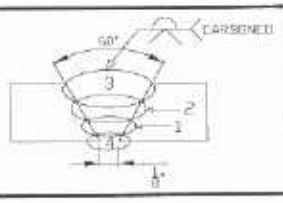
Espacio de electrodo Longitudinal: _____
Lateral: _____
Angulo: _____

Distancia de trabajo a la Boquilla de contacto: ____

Martilleo: ____

Limpieza de Interpase: Remoción de la escoria

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pases o Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de viaje IPM	Detalle de junta
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)			
1	SMAW	E7018	5/32"	DC+	110 ± 10%	28 ± 7%	3 ± 15%	
2	SMAW	E7018	5/32"	DC+	110 ± 10%	28 ± 7%	4 ± 15%	
3	SMAW	E7018	5/32"	DC+	110 ± 10%	28 ± 7%	3 ± 15%	
4	SMAW	E7018	5/32"	DC+	110 ± 10%	28 ± 7%	4 ± 15%	

Anexo C - Procedimientos y Reportes de los Ensayos No Destructivos (END) de Juntas Soldadas de Acero ASTM A-36.

C.1. Procedimiento y Reporte de Inspección Visual de Soldaduras

C.2. Procedimiento y Reporte de Inspección de Soldaduras con Líquidos Penetrantes

C.3. Procedimiento y Reporte de Inspección de Soldaduras con Partículas Magnéticas

C.4. Procedimiento y Reporte de Inspección de Soldaduras con Ultrasonido

C.5. Procedimiento y Reporte de Inspección de Soldaduras con Radiografía

C.6. Ensayos No Destructivos Superficiales en Probetas con Defectos

- Reporte de Inspección Visual de Soldaduras
- Reporte de Inspección de Soldaduras con Líquidos Penetrantes
- Reporte de Inspección de Soldaduras con Partículas Magnéticas

C.7. Ensayos No Destructivos Volumétricos en Probetas con Defectos

- Reporte de Inspección de Soldaduras con Ultrasonido
- Reporte de Inspección de Soldaduras con Radiografía

Anexo C - Procedimientos y Reportes de los Ensayos No Destructivos (END) de Juntas Soldadas de Acero ASTM A-36

Tabla C.0.1 - Métodos de Ensayos No Destructivos aplicables a la detección de algunas discontinuidades

Discontinuidad	Aplicabilidad de Varios Métodos de Ensayos No Destructivos		
	Aplicables	Aplicables marginalmente*	No aplicables
Porosidad	Radiografía Líquidos Penetrantes (1) Inspección Visual (1)	Ultrasonido Partículas magnéticas (2)	
Inclusiones de escoria	Radiografía Ultrasonido	Partículas magnéticas (2)	Inspección Visual Líquidos Penetrantes
Fusión Incompleta	Ultrasonido	Radiografía Partículas magnéticas (2)	Inspección Visual Líquidos Penetrantes
Penetración Incompleta en la junta	Radiografía Ultrasonido	Partículas magnéticas	Inspección Visual Líquidos Penetrantes
Socavación	Radiografía Inspección Visual	Ultrasonido Líquidos Penetrantes Partículas magnéticas	Líquidos Penetrantes Partículas magnéticas
Traslape	Líquidos Penetrantes Partículas magnéticas	Ultrasonido Inspección Visual	Radiografía
Grietas	Ultrasonido Líquidos Penetrantes (1) Partículas magnéticas (2) Inspección Visual (1)	Radiografía	
Desgarre laminar	Ultrasonido	Líquidos Penetrantes (1,3) Partículas magnéticas (1,3) Inspección Visual (1,3)	Radiografía
Laminaciones	Ultrasonido Líquidos Penetrantes (1,3) Partículas magnéticas (2,3) Inspección Visual (1,3)		Radiografía

* La confiabilidad de los resultados depende del tamaño, orientación y localización de las discontinuidades y del espesor, entre otros factores

(1) Superficiales
(2) Superficiales y Subsuperficiales
(3) Al preparar las juntas a soldar, durante el depósito de un cordón de soldadura y otro en soldaduras de pasos múltiples o en los bodes del metal base.

Tabla C.0.2 - Métodos de Ensayos No Destructivos aplicables en Juntas a Tope y "T"

Junta	Aplicabilidad de Varios Métodos de Ensayos No Destructivos		
	Aplicables	Aplicables marginalmente*	No aplicables
A Tope	Inspección Visual Líquidos Penetrantes Partículas magnéticas Ultrasonido Radiografía		
En T	Inspección Visual Líquidos Penetrantes Partículas magnéticas Ultrasonido	Radiografía	

Tabla C.0.3 – Discontinuidades Comúnmente Asociadas con el Proceso de Soldadura

Proceso de Soldadura	Discontinuidades						
	Porosidad	Inclusiones	Fusión Incompleta	Penetración Incompleta	Socavación	Traslape	Grietas
Arco Sumergido (SAW)	X	X	X	X	X	X	X
Arco Protegido (SMAW)	X	X	X	X	X	X	X

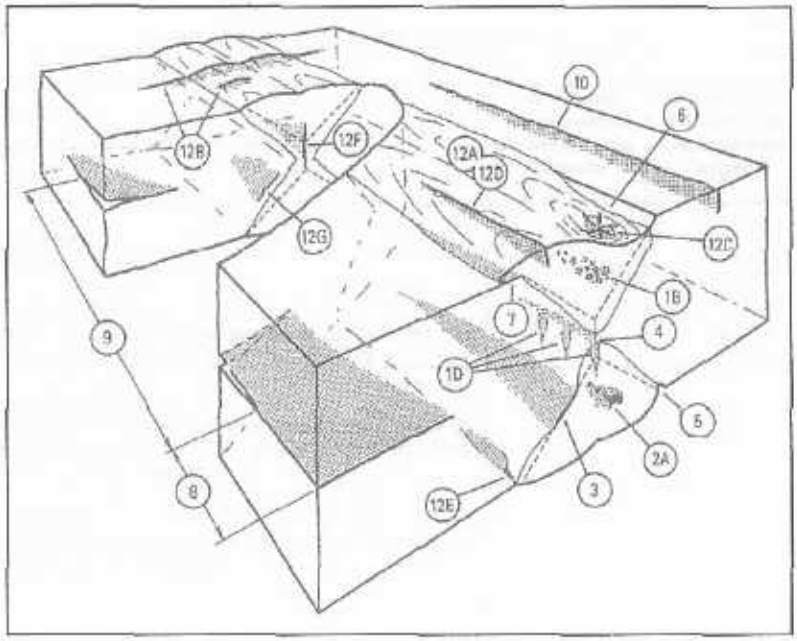
El símbolo "X" indica que tipo de discontinuidad puede ocurrir en las soldaduras producidas por el proceso

Tabla C.0.4 - Tipos de Discontinuidades en Juntas Soldadas

Tipo de Discontinuidad	Localización	Observación	Identificación en figura	Número de figura
Porosidad:		Podría encontrase en el metal base si este es fundido		
Distribuida	MS		1A	11.2
Agrupada	MS		1B	11.1 y 11.2
Tubular	MS		1C	11.2
Alineada	MS		1D	11.1
Inclusiones: Escoria	MS, IS		2A	11.1 y 11.2
Fusión Incompleta	MS, IS	MS entre pases	3	11.1
Penetración Incompleta en la junta	MS	Raíz de la soldadura	4	11.1
Socavación	IS	Adyacente al pie de la soldadura o a la raíz en el metal base	5	11.1 y 11.2
Falta de llenado	MS	Cara de la soldadura o superficie de la raíz de una soldadura de ranura	6	11.1
Traslape	IS	Pie de la soldadura o superficie de la raíz	7	11.1 y 11.2
Laminaciones	MB	MB, generalmente cerca del medio del espesor de la sección	8	11.1 y 11.2
Deslaminaciones	MB	MB, generalmente cerca del medio del espesor de la sección	9	11.1 y 11.2
Costuras y Pliegues	MB	MB, cerca de la ZAT	10	11.1 y 11.2
Grietas: Longitudinal	MS, ZAT, MB	MS o MB adyacente a la IS	12A	11.1 y 11.2
Transversal	MS, ZAT, MB	MS (puede propagarse hacia la ZAT y MB)	12B	11.1 y 11.2
Cráter	MS	MS en el punto donde el arco es terminado	12C	11.1 y 11.2
Garganta	MS	Paralelo al eje de soldadura. A través de la garganta o del filete de soldadura	12D	11.1 y 11.2
Raíz	IS, ZAT	Superficie de la raíz o raíz de la soldadura	12F	11.1 y 11.2
Pie	IS, ZAT		12E	11.1 y 11.2
Bajo el pase y ZAT	ZAT	MB en la ZAT	12G	11.1 y 11.2

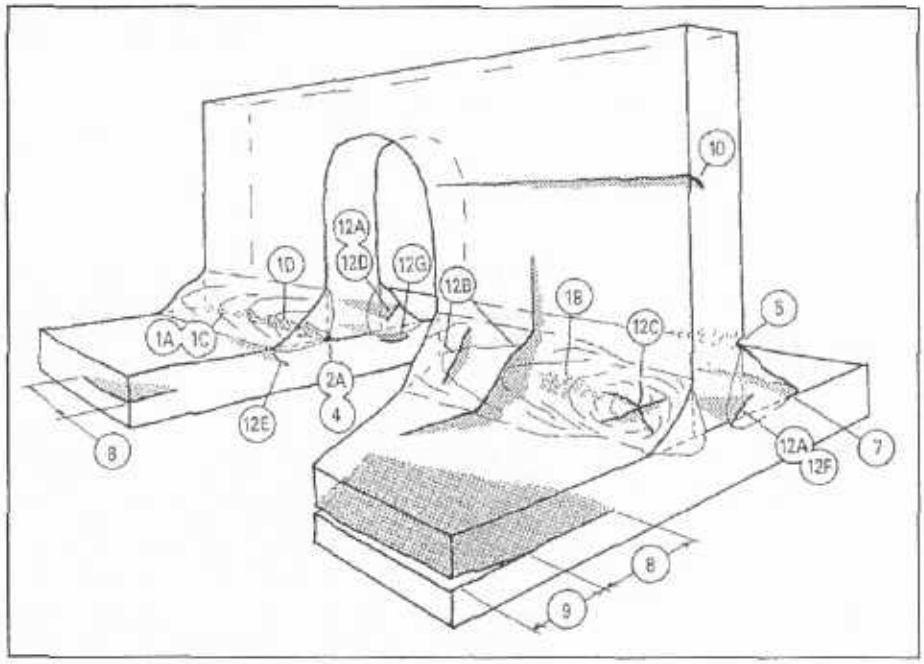
MS = metal de soldadura; IS = interfase de soldadura; MB = metal base y ZAT = zona afectada térmicamente

Fig. C.0.1 - Discontinuidades en una Soldadura con Ranura en Doble V en una Junta a Tope



Nota: Los números en círculo se refieren a la tabla C.0.4

Fig. C.0.2 - Discontinuidades en una Soldadura con Pase Simple y Doble Filete en una Junta en T



Nota: Los números en círculo se refieren a la tabla C.0.4

Criterios de Aceptación y Rechazo de acuerdo al Código de Soldadura Estructural en Acero AWS D1.1 – 2000, utilizado para los Ensayos No Destructivos Superficiales: Visual (VT), Líquidos Penetrantes (PT) y Partículas Magnéticas (MT)

Tabla C.0.5 - Criterios de Aceptación y Rechazo

Categoría de la Discontinuidad y Criterio de Inspección	Conexiones No tubulares Estáticamente Cargada	Conexiones No tubulares Cíclicamente Cargada	Conexiones Tubulares (Todas Cargadas)
(1) Prohibición de Grietas La soldadura no debe tener grietas	X	X	X
(2) Fusión Metal Base / Soldadura Una fusión completa debe existir entre las capas adyacentes del metal soldado y entre el metal base y el metal de soldadura	X	X	X
(3) Sección Transversal del Cráter Todos los cráteres deben ser llenados hasta la sección transversal de la soldadura, excepto por los extremos de las soldaduras con filete intermitentes fuera de sus longitudes útiles	X	X	X
(4) Perfiles de Soldadura Los perfiles de soldadura deben estar en conformidad con la figura 11.1.1 del Procedimiento de Inspección Visual	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros pueden comenzar inmediatamente después de que la soldadura sea terminada y se enfrié a temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros ASTM A 514, A 517, y A 709 Grado 100 y 100 W debe estar basada en inspección visual realizada no menos de 48 horas después de terminar la soldadura	X	X	X
(6) Tamaño menor de Soldadura El tamaño de un filete de soldadura en cualquier soldadura continua puede ser menor que el tamaño nominal especificado (L) sin corrección en las siguientes cantidades (U) L — Tamaño de soldadura Especificado Pulg. [mm] ≤ 3/16 [5] ≤ 1/4 [6] ≥ 5/16 [8] U — Disminución permisible L Pulg. [mm] ≤ 1/16 [2] ≤ 3/32 [2.5] ≤ 1/8 [3] En todos los casos, la porción menor de tamaño de soldadura no excederá el 10% de la longitud de soldadura. En soldadura de vigas alma-ala, ningún tamaño menor de soldadura será permitido en ambos bordes de la viga en una longitud igual a dos veces el ancho del ala	X	X	X
(7) Socavación. (A) Para material menor de 1" (25.4mm) de espesor, la socavación no debe exceder 1/32" (0.8 mm), excepto que un máximo de 1/16" (1.6 mm) es permitido para una longitud acumulada de 2" (50 mm) en cualquier longitud de 12" (305 mm). Para material igual o mayor de 1" de espesor, la socavación no debe exceder 1/16" para cualquier longitud de soldadura. (B) En miembros primarios, la socavación no debe ser mayor de 0.01" (0.25 mm) de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tensión bajo cualquier condición de carga de diseño. La socavación será no mayor que 1/32 (0.8 mm) de profundidad para todos los otros casos.	X	X	X

Continuación tabla C.0.5

Categoría de la Discontinuidad y Criterio de Inspección	Conexiones No tubulares Estáticamente Cargada	Conexiones No tubulares Ciclicamente Cargada	Conexiones Tubulares (Todas Cargadas)
(8) Porosidad			
(A) En soldaduras de penetración completa con ranura para juntas a tope transversales a la dirección de la tensión de tracción calculada, no debe tener porosidad tubular visible. Para todas las otras soldaduras de ranura y para las soldaduras con filete, la suma de las porosidades tubulares visible de 1/32" (1 mm) o mayor en diámetro no debe exceder 3/8" (10 mm) en cualquier pulgada lineal de soldadura y no debe exceder ¾" (19 mm) en cualquier 12" (305 mm) longitud de soldadura.	X		
(B) La frecuencia de las porosidades tubulares en soldadura con filete no debe exceder de uno en cada 4" (100 mm) de longitud de soldadura y el máximo de diámetro no debe exceder 3/32" (2 mm). Excepción: para soldadura con filete conectando rigidizadores al alma, la suma de diámetros de porosidades tubulares no debe exceder ¾" (19 mm) en cualquier 12" (305 mm) de longitud soldada.		X	X
(C) En soldaduras de penetración completa con ranura para juntas a tope transversales a la dirección de la tensión de tracción calculada, no debe tener porosidades tubulares visibles. Para todas las otras soldaduras de ranura la frecuencia de la porosidad tubular no debe exceder en 4" (100 mm) de longitud de soldadura y el máximo de diámetro no debe exceder 3/32" (2 mm).		X	X

Nota: una X indica la aplicabilidad por el tipo de conexión.

UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

Documento: PR-1
Rev.: 0

C.1. Procedimiento de Inspección Visual

1. Propósito

Este procedimiento se aplicará para detectar discontinuidades superficiales en las soldaduras de probetas, fabricadas con material de Acero Estructural ASTM A-36, utilizando como herramienta principal la visión humana, instrumentos ópticos (lupas) y galgas dimensionales.

2. Alcance

Este procedimiento se usará en concordancia con las especificaciones del Código AWS D1.1.2000 (Código de Soldadura Estructural)

3. Personal

El Personal que ejecuta y evalúa ésta inspección deberá ser un personal con suficiente experiencia en la inspección visual de soldadura. Este personal deberá tener actualizado sus exámenes de Agudeza Visual y Test de Colores: Ishihara's Test.

4. Referencia

4.1 Código de Soldadura Estructural ANSI/AWS D.1.1.2000
4.2 Código ASME Sección V Articulo 9, Edición 2001. Adenda 2003

5. Equipos

5.1 Ojo Humano e Instrumentos:

- Este es el ensayo no destructivo de mayor aplicación, siendo el equipo principal de inspección el ojo humano.
- Se pueden utilizar equipos para lograr una buena iluminación artificial como lámparas, linternas y/o implementos auxiliares de reflexión, espejos y en lugares de muy dificil acceso se pueden usar baroscopios.
- Los instrumentos de medición utilizados son: cintas métricas, galgas y verniers.
- Se inspeccionan visualmente todo trabajo realizado y/o a realizar, utilizando registros que aseguran la inspección de todos los puntos mediante listados de parámetros de verificación.

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D: M: A:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D: M: A:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D: M: A:
Firma:		Firma:		Firma:	

C.1. Procedimiento de Inspección Visual

5.2 Inspección Visual / Dimensional de la Junta antes de Soldar:

- Verificar el status del procedimiento de soldadura
- Verificar el status de la calificación del soldador ó el operador de máquina de soldar, los límites de su calificación, incluyendo límites relativos al material base y al tipo de material de soldadura, límites del espesor y diámetro calificado, así como su posición y la fecha de calificación.
- Verificar que la iluminación en el área examinada sea suficiente y pueda medirla con un luxímetro. La intensidad de luz visible o artificial será 300 luxes (p-c) como mínimo.
- Verificar que la geometría de la soldadura sea de las dimensiones requeridas en los planos de diseño de junta. Esto debe incluir: alineamiento de las partes a ser soldadas, tamaño del talón y el gap (abertura) de la raíz, el ángulo de la junta, luces en los anillos y/o tiras de respaldo e insertos consumibles.
- Examine visualmente los puntos de soldadura por discontinuidades

5.3 Inspección Visual Durante el Proceso de Soldadura:

- Examine visualmente la limpieza, salpicaduras, escoria y la remoción de óxido entre pases de soldadura y a los lados del bisel.
- Verifique sí las especificaciones de amperaje y voltaje del procedimiento se están cumpliendo

5.4 Inspección Visual Después de Soldar

- Examine visualmente la soldadura terminada y efectúe su dimensionamiento requerido por el procedimiento incluyendo: tamaño de los catetos, de le garganta y el perfil de soldaduras en caso de soldadura en esquina ó filete, en caso de soldaduras a tope el refuerzo y la concavidad ó convexidad de la raíz.
- Examine visualmente la superficie de las soldaduras por discontinuidades.
- Examine visualmente el retiro de elementos mecánicos que sirvieron para ejecutar alineamiento y ensamble de la junta a soldarse y apropiada preparación del metal base afectado.

6. Criterios de Aceptación y Rechazo

Remitirse a la tabla C.0.5

Tamaño mínimo de la soldadura de filete

El tamaño mínimo de la soldadura de filete, excepto para soldaduras de filetes usados para *reforzar ranuras de soldaduras, son mostradas en la tabla C.1.1. En ambos casos aplica el tamaño* mínimo si es suficiente para satisfacer los requerimientos del diseño.

Espesor del metal base (T*)		Tamaño mínimo de la soldadura de filete **	
Pulg.	mm	Pulg.	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 1/4$	1/8***	3
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	1/4	6
$3/4 < T$	$20 < T$	5/16	8

Tabla C.1.1 - Tamaño mínimo de la soldadura de filete

Notas:

* Para procesos con electrodos que no son de bajo hidrógeno sin precalentamiento calculado, T es igual al espesor de la parte más gruesa de la junta; soldaduras de pase simple serán utilizadas. Para procesos con electrodos que no sean de bajo hidrógeno utilizando procedimientos establecidos para prevenir agrietamiento y para procesos de bajo hidrógeno, T es igual al espesor de la parte más delgada de la junta; el requerimiento de pase simple no aplica.

** Excepto que el tamaño de la soldadura no necesita exceder el espesor de la parte más delgada de la junta.

*** El Tamaño mínimo para estructuras con carga cíclicas es de 3/16 pulgadas (5 mm)

Criterios de aceptación y rechazo para soldaduras con junta de filete de acuerdo al Código de Acero Estructural AWS D1.1

Nota: La Convexidad C, de una soldadura con ancho de cara W, no debe de exceder los valores de la siguiente tabla:

Ancho de cara de la soldadura, W	Máxima Convexidad, C
W ≤ 5/16" (8 mm)	1/16" (2 mm)
W > 5/16" (8mm) a W < 1" (25 mm)	1/8" (3 mm)
W ≥ 1" (25 mm)	3/16" (5mm)

Tabla C.1.2 – Convexidad máxima de la soldadura de filete

C.1. Procedimiento de Inspección Visual

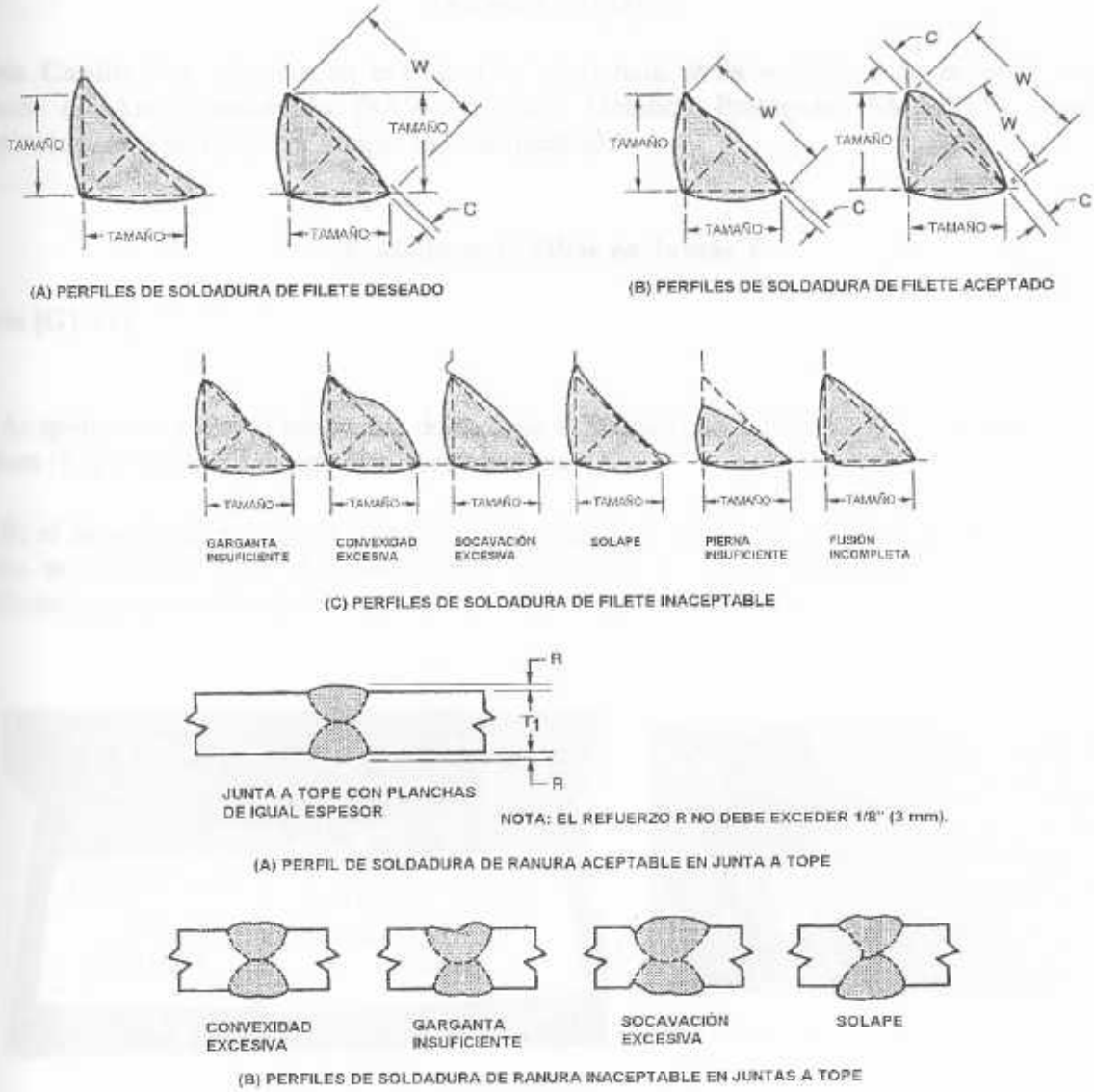


Fig. C.1.1 – Perfiles Aceptables e Inaceptables de Soldadura

7. Anexos

Reporte de Inspección Visual

C.1. Reporte de Inspección Visual

Documento: R-1

Análisis Cualitativo

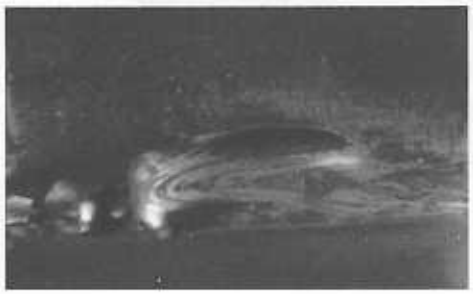
Análisis Cualitativo: consiste en examinar la apariencia de la soldadura de acuerdo al proceso empleado de Arco Sumergido (SAW) o Arco Metálico Protegido (SMAW) y detectar las discontinuidades pero sin hacer ningún tipo de medición.

Soldadura de Filete en Juntas T

Probeta [G1A1]

Lado A: aparenta a ver sido hecho con demasiada velocidad por la forma en "V" en la cara de la soldadura (Fig. C.1.2). No se aprecian socavaciones

Lado B: el depósito de soldadura cubre aproximadamente ¾ del largo de la junta. En los extremos de la junta se presenta falta de material de soldadura y una concavidad en el material base específicamente en el alma de la sección. No se aprecian socavaciones.



Falta de material de aporte, lado B

Fig. C.1.2 - Soldadura de filete con Proceso SAW en probeta G1A1.

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D: M:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D: M:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D: M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

C.1. Reporte de Inspección Visual

Probeta [B1]

Lado A y B: presenta pases de soldaduras ondulados bastante parejos y homogéneos sin presencia de valles, no se aprecian socavaciones entre el cordón de soldadura y el material base. (ver Fig. C.1.3)

Probeta [G1B1]

Lado A y B: se aprecian socavaciones entre el cordón de soldadura y el material base, los pases ondulados muestran un buen aspecto de la soldadura sin presencia de valles. (ver Fig. C.1.3)

Probeta B1 en posición 2F

Probeta G1B1 en posición 3F

Fig. C.1.3 - Soldadura de filete en juntas "T" con Proceso SMAW

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

Soldadura en Juntas a Tope

Probetas [G1A2] y [G1A3]

Cara y Raíz: Presentan un cordón de soldadura bastante parejo y uniforme con superficie lisa, de gran espesor y anchura, siendo mayor el de la probeta sin bisel. No se aprecian indicaciones en su superficie o socavaciones en la interfase de la soldadura. El material base no presenta salpicaduras. (ver Fig. C.1.4)

Fig. C.1.4 - Probetas con Proceso SAW. Izquierda, G1A2 con bisel simple de 60° y derecha G1A3 sin bisel.

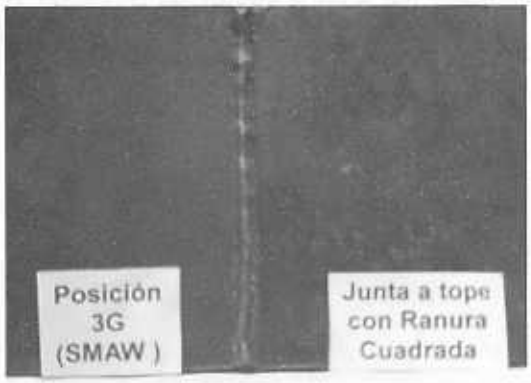
Probeta [G1B2]

Cara y Raíz: Presenta un cordón de soldadura ancho en la cara pero delgado en la raíz en ambos casos es parejo y homogéneo, con pases ondulados y algunos valles entre ondulación. Presenta socavaciones en el pie de la soldadura y algunos puntos de salpicadura en la superficie del material base tanto en el lado de la cara como en la raíz (ver Fig. C.1.5).

Probeta [G1B3]

Cara y Raíz: El cordón de soldadura es delgado parejo y homogéneo tanto en la cara como en la raíz, con pases ondulados y algunos valles entre ondulación. Presenta socavaciones en el pie de la soldadura y algunos puntos de salpicadura en la superficie del material base (ver Fig. C.1.5).

Probeta G1B2 con bisel simple de 60°



Probeta G1B3 sin bisel

Fig. C.1.5 - Probetas con Proceso SMAW soldadas en posición 3G.

UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.1. Reporte de Inspección Visual

Documento: R-1

Análisis Cuantitativo

Análisis Cuantitativo: consiste en la medición de discontinuidades con una serie de galgas, siendo la más empleada para el estudio la Cambridge Universal ya que ésta puede desempeñar la mayoría funciones de las otras galgas.

A continuación se explica brevemente la función de algunas galgas utilizadas para aplicar los criterios de aceptación y rechazo de acuerdo al Código AWS D1.1. 2000:

- Galga Cambridge Universal: utilizada para medir, socavaciones, altura de refuerzo y ángulo del bisel en juntas a tope así como tamaño de pierna y garganta en filetes de soldadura.

- Galga V-WAC: utilizada para medir socavaciones y altura de refuerzo en juntas a tope.

- Galga para filetes: utilizada para medir altura de refuerzo en juntas a tope así como tamaño de pierna, concavidad y convexidad en filetes de soldadura.

Fig. C.1.6 - Medición del espesor del material de acero ASTM A-36

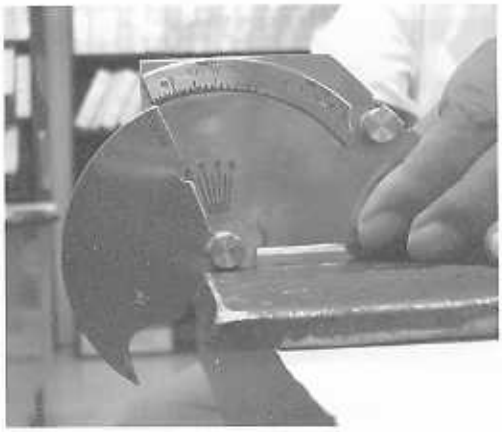


Fig. C.1.7 - Medición del ángulo del bisel con una Galga Universal Cambridge

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D: M:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D: M:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D: M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.1. Reporte de Inspección Visual

Documento: R-1

Medición del tamaño de la pierna

Medición de la garganta real

Fig. C.1.8 - Galga Cambridge Universal, utilizada en la medición del tamaño de la pierna y de la garganta real en una soldadura de filete

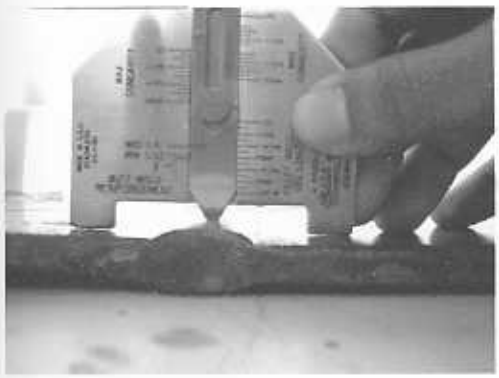
Medición del tamaño de pierna

Medición de la convexidad

Fig. C.1.9 - Galga para filetes, utilizada en la medición del tamaño de la pierna y convexidad en una soldadura de filete

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

C.1. Reporte de Inspección Visual



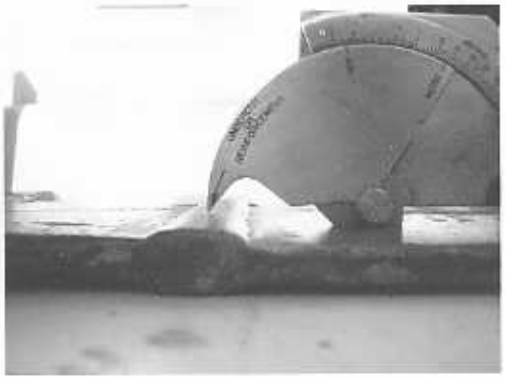


Fig. C.1.10 - Galgas para filetes y Universal, utilizadas en la medición del refuerzo de la soldadura

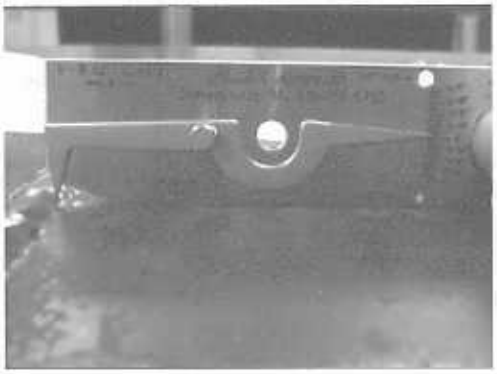
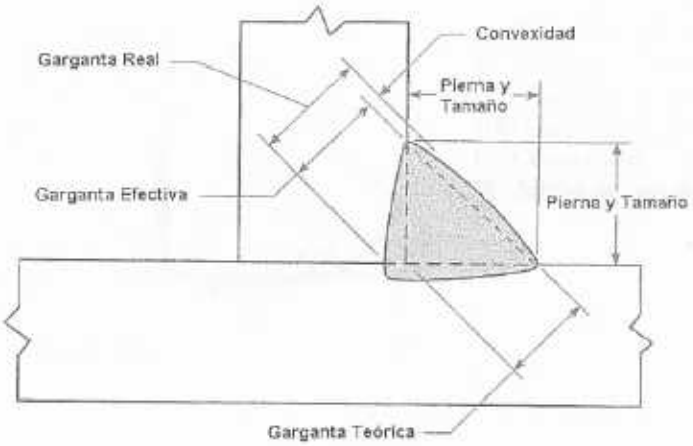


Fig. C.1.11 - Medición de socavación con una Galga V-WAC

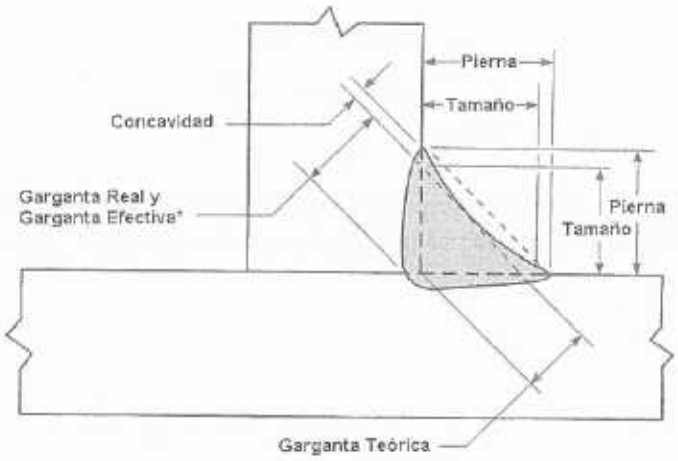
UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.1. Reporte de Inspección Visual

Documento: R-1



(A) Soldadura de Filete Convexo



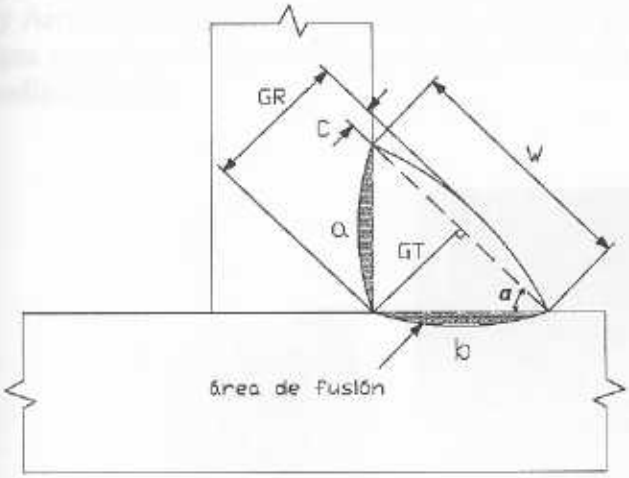
* Cuando es permitido por el diseño estandarizado

(B) Soldadura de Filete Cóncavo

Fig. C.1.12 - Tamaños de las Soldaduras de Filete

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

C.1. Reporte de Inspección Visual



a : Pierna en el alma
b: Pierna en el ala
GT: Garganta Teórica
GR: Garganta Real medida con galga
C: Convexidad
W: Ancho de cara de la soldadura

Fig. C.1.13 - Criterio utilizado para medir la convexidad en las soldaduras de filete

$$\alpha = \arctan\left(\frac{a}{b}\right) \qquad GT = b*sen\alpha \qquad C = GR - GT \qquad W = \frac{a}{sen\alpha}$$

El criterio se ajusta mejor para las soldaduras con poca penetración como el Procedimiento de Arco Metálico Protegido (SMAW), en donde el área de fusión se próxima al área del triángulo rectángulo.

Observación: las reparaciones que se presenten en los reportes (VT, PT, MT, UT y RT) ejemplifican lo que se haria a miembros estructurales de acero (vigas y/o columnas), ya que las probetas una vez que salen rechazadas no se reparan

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

C.1. Reporte de Inspección Visual

En la figura C.1.14 se observa las probetas fabricadas con Proceso de Soldadura de Arco Sumergido (SAW) y Arco Metálico Protegido, delineadas en tres partes iguales (cada 50 mm.) para su medición con Galgas y evaluación de acuerdo a la tabla C.0.5 así como de las tablas C.1.1, C.1.2 y Fig. C.1.1 del Procedimiento PR-1

Proceso SAW

Proceso SMAW

Fig. C.1.14 - Probetas con Juntas a tope y en "T"

Tamaño de la Pierna, Convexidad y Socavación en Juntas T

Valores Permitidos por Código	Criterio Utilizado	Instrumento de Medición	Apreciación
Tamaño mínimo de Pierna = 5 mm	Cargado Estáticamente	Galga Cambridge Universal	1/32" - 1 mm
Socavación = 1/32" (0,8 mm)	Cargado Estáticamente	Galga Cambridge Universal	1/32" - 1 mm

Probeta	Proceso	Soldadura Aplicada	Posición
G1A1	SAW	Filete	2F

Lado A

Tramo	Pierna en el Alma [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Alma	Pierna en el Ala [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Ala	Garganta Real [mm]	Garganta teórica [mm]	Curvatura	Ancho de cara W [mm]	Convexidad C [mm]	Convexidad Max. por Código [mm]	Observación Convexidad
1	11	aceptada	7	aceptada	7	5,9	convexo	13,0	1,1	3,0	aceptada
2	6	aceptada	7	aceptada	7	4,6	convexo	9,2	2,4	3,0	aceptada
3	5	aceptada	7	aceptada	8	4,1	convexo	8,6	3,9	3,0	excedida
Prom.	**7,3**	**aceptada**	**7,0**	**aceptada**	**7,3**	**4,9**	**convexo**	**10,3**	**2,5**	**3,0**	**aceptada**

Lado B

Tramo	Pierna en el Alma [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Alma	Pierna en el Ala [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Ala	Garganta Real [mm]	Garganta teórica [mm]	Curvatura	Ancho de cara W [mm]	Convexidad C [mm]	Convexidad Max. por Código [mm]	Observación Convexidad
1	5	aceptada	8	aceptada	10	4,2	convexo	9,4	5,8	3,0	excedida
2	8	aceptada	6	aceptada	5	4,8	convexo	10,0	0,2	3,0	aceptada
3	8	aceptada	8	aceptada	5	5,7	cóncavo	11,3	-0,7	3,0	insuficiente
Prom.	**7,0**	**aceptada**	7,3	**aceptada**	**6,7**	**5,0**	**convexo**	**10,2**	**1,8**	**3,0**	**aceptada**

No presenta socavación en ninguno de sus lados

Tamaño de la Pierna, Convexidad y Socavación en Juntas T

Probeta	Proceso	Soldadura Aplicada	Posición
G1B1	SMAW	Filete	3F

Lado A

Tramo	Pierna en el Alma [mm]	Observación Pierna en el Alma	Pierna en el Ala [mm]	Observación de Pierna en el Ala	Garganta Real [mm]	Garganta teórica [mm]	Curvatura	Ancho de cara W [mm]	Convexidad C [mm]	Convexidad Max. por Código [mm]	Observación Convexidad
1	8	aceptada	9	aceptada	8	6,0	convexo	12,0	2,0	3,0	aceptada
2	8	aceptada	9	aceptada	7	6,0	convexo	12,0	1,0	3,0	aceptada
3	8	aceptada	8	aceptada	7	5,7	convexo	11,3	1,3	3,0	aceptada
Prom.	**8,0**	**aceptada**	**8,7**	**aceptada**	**7,3**	**5,9**	**convexo**	**11,8**	**1,5**	**3,0**	**aceptada**

Lado B

Tramo	Pierna en el Alma [mm]	Observación Pierna en el Alma	Pierna en el Ala [mm]	Observación de Pierna en el Ala	Garganta Real [mm]	Garganta teórica [mm]	Curvatura	Ancho de cara W [mm]	Convexidad C [mm]	Convexidad Max. por Código [mm]	Observación Convexidad
1	10	aceptada	7	aceptada	8	5,7	convexo	12,2	2,3	3,0	aceptada
2	11	aceptada	9	aceptada	7	7,0	convexo	14,2	0,0	3,0	aceptada
3	10	aceptada	7	aceptada	8	5,7	convexo	12,2	2,3	3,0	aceptada
Prom.	**10,3**	**aceptada**	**7,7**	**aceptada**	**7,7**	**6,2**	**convexo**	**12,9**	**1,5**	**3,0**	**aceptada**

Lado A

Tramo	Socavación Alma [pulg]	Socavación Ala [pulg]	Observación Socavación Alma	Observación Socavación Ala
1	--	---	aceptada	aceptada
2	--	1/32"	aceptada	excedida
3	--	--	aceptada	aceptada

Lado B

Tramo	Socavación Alma [pulg]	Socavación Ala [pulg]	Observación Socavación Alma	Observación Socavación Ala
1	1/32"	--	excedida	aceptada
2	--	--	aceptada	aceptada
3	--	--	aceptada	aceptada

Tamaño de la Pierna, Convexidad y Socavación en Juntas T

Probeta	Proceso	Soldadura Aplicada	Posición
B1	SMAW	Filete	2F

Lado A

Tramo	Pierna en el Alma [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Alma	Pierna en el Ala [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Ala	Garganta Real [mm]	Garganta teórica [mm]	Curvatura	Ancho de cara W [mm]	Convexidad C [mm]	Convexidad Max. por Código [mm]	Observación Convexidad
1	7	aceptada	7	aceptada	8	4,9	convexo	9,9	3,1	3,0	excedida
2	7	aceptada	7	aceptada	9	4,9	convexo	9,9	4,1	3,0	excedida
3	7	aceptada	8	aceptada	10	5,3	convexo	10,6	4,7	3,0	excedida
Prom.	**7,0**	**aceptada**	**7,3**	**aceptada**	**9,0**	**5,1**	**convexo**	**10,1**	**3,9**	**3,0**	excedida

Lado B

Tramo	Pierna en el Alma [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Alma	Pierna en el Ala [mm]	Observación del Tamaño de Pierna en el Ala	Garganta Real [mm]	Garganta teórica [mm]	Curvatura	Ancho de cara W [mm]	Convexidad C [mm]	Convexidad Max. por Código [mm]	Observación Convexidad
1	7	aceptada	8	aceptada	5	5,3	cóncavo	10,6	-0,3	3,0	insuficiente
2	7	aceptada	8	aceptada	5	5,3	cóncavo	10,6	-0,3	3,0	insuficiente
3	6	aceptada	10	aceptada	6	5,1	convexo	11,7	0,9	3,0	aceptada
Prom.	**6,7**	**aceptada**	**8,7**	**aceptada**	**5,3**	**5,2**	**convexo**	**11,0**	**0,1**	**3,0**	**aceptada**

No presenta socavación en ninguno de sus lados

Altura de Refuerzo y Socavación en Juntas a Tope

Valores Máximos Permitidos por Código	Criterio Utilizado	Instrumento de Medición	Apreciación
Altura de Refuerzo = 1/8" (3 mm)	Cargado Ciclicamente	Galga Cambridge Universal	1/32" - 1 mm
Socavación = 0,01" (0,25 mm)	Cargado Ciclicamente	Galga V-WAC	1/64" (0,4 mm)

Probeta	Proceso	Soldadura Aplicada	Posición
G1A2	SAW	Ranura en V	1G

Cara

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación
1	1/16"	aceptado
2	1/32"	aceptado
3	1/32"	aceptado

Raíz

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación
1	3/32"	aceptado
2	3/32"	aceptado
3	3/32"	aceptado

No presenta Socavación en la cara y en la raíz

Probeta	Proceso	Soldadura Aplicada	Posición
G1B2	SMAW	Ranura en V	3G

Cara

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación Refuerzo	Socavación [pulg]	Observación Socavación
1	1/32"	aceptado	1/32"	excedida
2	3/32"	aceptado	--	--
3	1/8"	excedida	1/32"	excedida

Raíz

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación Refuerzo	Socavación [pulg]	Observación Socavación
1	3/32"	aceptado	--	--
2	3/32"	aceptado	--	--
3	3/32"	aceptado	--	--

Altura de Refuerzo y Socavación en Juntas a Tope

Probeta	Proceso	Soldadura Aplicada	Posición
G1A3	SAW	Ranura Recta	1G

Cara

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación
1	1/8"	excedido
2	1/8"	excedido
3	1/8"	excedido

Raiz

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación
1	1/8"	excedido
2	1/8"	excedido
3	1/8"	excedido

No presenta Socavación en la cara y en la raiz

Probeta	Proceso	Soldadura Aplicada	Posición
G1B3	SMAW	Ranura Recta	3G

Cara

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación
1	3/32"	aceptado
2	3/32"	aceptado
3	3/32"	aceptado

Raiz

Tramo	Altura de Refuerzo [pulg]	Observación
1	3/32"	aceptado
2	1/8"	excedido
3	3/32"	aceptado

No presenta Socavación en la cara y en la raiz

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.1. - REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURAS	Documento: R-1
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

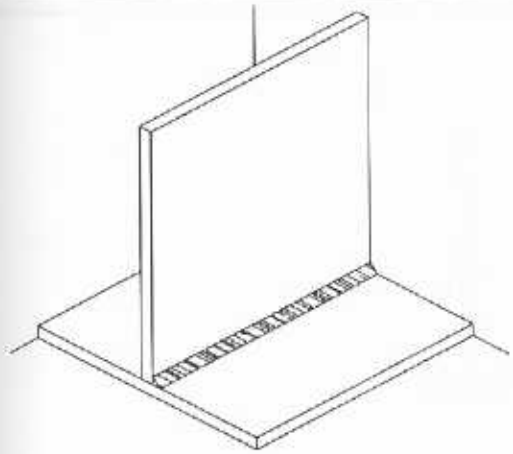
Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Soldador: Antonio Regio Procedimiento Nº: 1

Localización	Tipo de Junta	Espesor del Material
☒ Taller ☐ Campo	☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde	3/8" (10 mm)

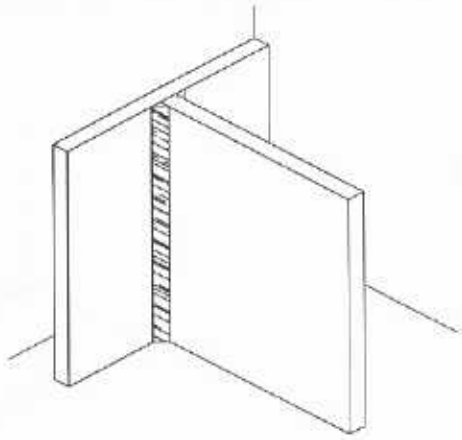
Dirección de la soldadura	Inspección	Galga(s) utilizada(s)
Longitudinal ☒ Transversal ☐ Circunferencial ☐	☒ Cara ☐ Raíz	☒ Universal ☒ V-WAC ☐ AC-BFW ☐ Para Filete

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad / Perfil Inaceptable			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (cantidad)	Ubicación		
G1A1	SAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Rechazado	Si
G1B1	SMAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

CROQUIS



G1A1 posición 2F



G1B1 posición 3F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

La probeta G1A1 queda rechazada por falta de material de aporte en los extremos del cordón de soldadura

Esmerilar completamente y volver a depositar material de soldadura

LEYENDA:

Discontinuidad Tipo: ES = Escoria G = Grieta S = Socavación P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

Perfil Inaceptable: CE = Convexidad Excesiva GI = Garganta Insuficiente PI = Pierna insuficiente S = Solape D = Desalineamiento

Discontinuidad Ubicación: MB = Metal Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.1. - REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURAS	Documento: R-1
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

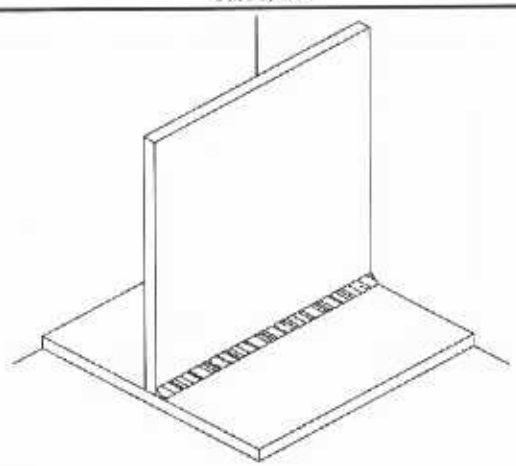
Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Soldador: Antonio Regio Procedimiento Nº: 1

Localización	Tipo de Junta	Espesor del Material
☒ Taller ☐ Campo	☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde	3/8" (10 mm)

Dirección de la soldadura	Inspección	Galga(s) utilizada(s)
Longitudinal ☒ Transversal ☐ Circunferencial ☐	☒ Cara ☐ Raíz	☒ Universal ☒ V-WAC ☐ AC-BFW ☐ Para Filete

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad / Perfil Inaceptable			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (cantidad)	Ubicación		
B1	SMAW	Filete	Entera	300	CE	3,9 mm	N/A	Rechazado	Si

CROQUIS



B1 posición 2F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

La convexidad excesiva es solo por el lado A

Esmerilar el exceso de refuerzo por debajo del máximo permitido por el Código AWS D.1.1 (1/8" – 3 mm)

LEYENDA:

Discontinuidad Tipo: ES = Escoria G = Grieta S = Socavación P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Perfil Inaceptable: CE = Convexidad Excesiva GI = Garganta Insuficiente PI = Pierna Insuficiente S = Solape D = Desalineamiento

Discontinuidad Ubicación: MB = Metal Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.1. - REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURAS	Documento: R-1
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DEACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

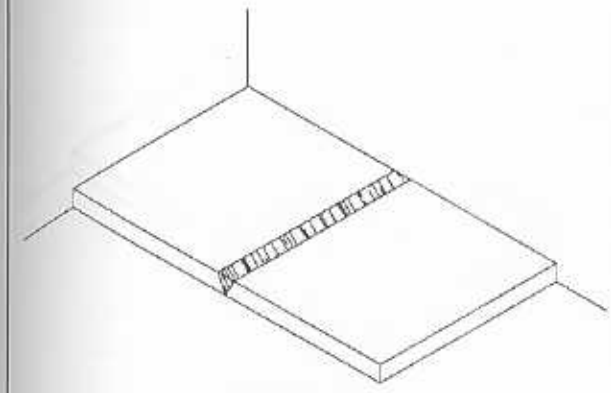
Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Soldador: Antonio Regio Procedimiento Nº: 1

Localización	Tipo de Junta	Espesor del Material
☒ Taller ☐ Campo	☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde	3/8" (10 mm)

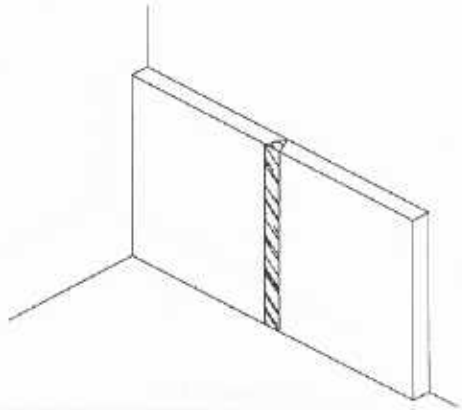
Dirección de la soldadura	Inspección	Galga(s) utilizada(s)
Longitudinal ☒ Transversal ☐ Circunferencial ☐	☒ Cara ☒ Raíz	☒ Universal ☒ V-WAC ☐ AC-BFW ☐ Para Filete

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad / Perfil Inaceptable			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (cantidad)	Ubicación		
G1A2	SAW	Ranura en V	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B2	SMAW	Ranura en V	Entera	300	S	1/32" (2)	CS	Rechazado	Si

CROQUIS



G1A2 Posición 1G



G1B2 Posición 3G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

La probeta G1B2 presenta dos (2) socavaciones por el lado de la cara de la soldadura

Preparar adecuadamente la junta para aplicar una deposición de metal de soldadura adicional sobre las socavaciones

LEYENDA:

Discontinuidad Tipo: ES = Escoria G = Grieta S = Socavación P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Perfil Inaceptable: CE = Convexidad Excesiva GI = Garganta Insuficiente PI = Pierna Insuficiente S = Solape D = Desalineamiento

Discontinuidad Ubicación: MB = Metal Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

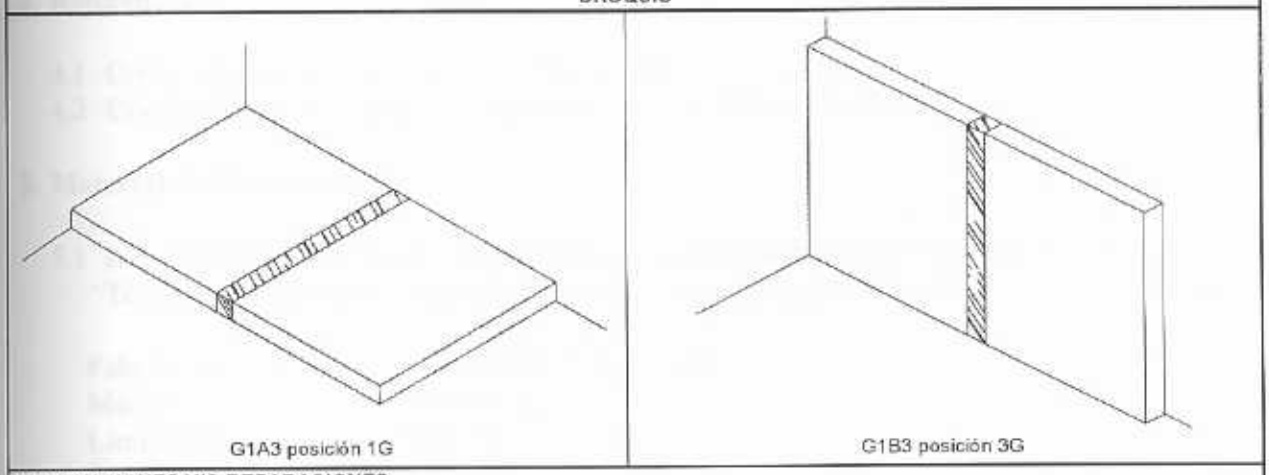
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.1. - REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURAS	Documento: R-1
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano N°: N/A
Inspector: Ing° Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6 — Año: 2000	Soldador: Antonio Regio Procedimiento N°: 1
Localización ☒ Taller ☐ Campo	Tipo de Junta ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde	Espesor del Material 3/8" (10 mm)
Dirección de la soldadura Longitudinal ☒ Transversal ☐ Circunferencial ☐	Inspección ☒ Cara ☒ Raíz	Galga(s) utilizada(s) ☒ Universal ☒ V-WAC ☐ AC-BFW ☐ Para Filete

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad / Perfil Inaceptable			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (cantidad)	Ubicación		
G1A3	SAW	Ranura Recta	Entera	300	CE	1/8"	CS y RS	Rechazado	Si
G1B3	SMAW	Ranura Recta	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

CROQUIS



G1A3 posición 1G — G1B3 posición 3G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

La probeta G1A3 presenta un refuerzo de soldadura excedido tanto en la cara como en la raíz de 1/8"

Esmerilar el exceso de refuerzo por debajo del máximo permitido por el Código AWS D.1.1 (1/8" – 3 mm)

LEYENDA:

Discontinuidad Tipo: ES = Escoria G = Grieta S = Socavación P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Perfil Inaceptable: CE = Convexidad Excesiva GI = Garganta Insuficiente PI = Pierna insuficiente S = Solape D = Desalineamiento

Discontinuidad Ubicación: MB = Metal Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ing° Miguel Vera	D:	Nombre: Ing° Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

C.2. Procedimiento de Líquidos Penetrantes

1. Propósito

Este procedimiento se aplicará para detectar discontinuidades superficiales en las soldaduras de probetas, fabricadas con material de Acero Estructural ASTM A-36.

2. Alcance

Este procedimiento se usará en concordancia con las especificaciones del Código de Soldadura Estructural ANSI/AWS D.1.1.2000.

3. Personal

El personal que ejecuta y evalúa esta inspección deberá estar calificado mínimo como Nivel II de acuerdo con las recomendaciones de la Práctica Escrita SNT-TC-1 A de la Asociación Americana de Ensayos No Destructivos. Este personal deberá tener actualizado sus exámenes de Agudeza Visual y Test de Colores: Ishiharás Test.

4. Referencias:

4.1 Código de Soldadura Estructural ANSI/AWS D.1.1 2000
4.2 Código ASME Sección V. Artículo 6, Edición 2001, Adenda 2003.

5. Material de Penetrantes

5.1 Los materiales de Líquidos Penetrantes a usarse con este procedimiento son los aplicables a la Técnica visible con contraste de colores y removibles con solventes.

Fabricante:	Magnaflux Corporation
Marca:	Spotcheck
Limpiador:	SKC-W
Penetrante:	SKL-W
Revelador:	SKD-NF

5.2 Agentes Típicos de Limpieza: Previo a la limpieza con el limpiador Spot check se debe utilizar como materiales de limpieza con detergentes, solventes orgánicos, removedores de pintura, etc.

C.2. Procedimiento de Líquidos Penetrantes

6. Procedimiento

6.1 Prepare, limpie y seque la superficie a ser examinada y todo el área adyacente hasta un ancho de 1" (25.4 mm).

6.2 Remueva la superficie del material a examinar tal como: sucio, óxido, fundente, salpicadura de soldadura, pintura, grasa, aceite, agua u otros materiales que podrían tapar la entrada del penetrante dentro de la discontinuidad. Las condiciones de la superficie, soldada, forjada ó rolada son satisfactorias, pero en algunos casos la superficie deberá ser esmerilada ó limpiada con cepillo de alambre para eliminar irregularidades que podrían interferir con los resultados de la inspección final.

6.3 Seque la superficie húmeda a ser examinada por evaporación Normal por un mínimo de 5 minutos para asegurar que no contenga trazos del agente limpiador.

6.4 Provea adecuada iluminación para esta inspección, como por ejemplo: Luz de día ó luz de bombillo eléctrico y/o linterna cuando exista poca iluminación

6.5 La temperatura de la superficie ha ser examinada de acuerdo a código ASME sección V será la siguiente: Mínimo 16 °C Máximo 52 °C. Calentamiento ó enfriamiento localizado son aceptables siempre y cuando el rango de temperatura en la superficie se mantenga en el rango de 16 °C a 52 °C.

6.6 El penetrante puede aplicarse por rodillo, brocha ó rocío (spray).

6.7 Después que el tiempo de penetración ha finalizado se remueve el exceso de penetrante de la superficie con una toalla húmeda con limpiador. Nunca aplique el limpiador (Cleaner) sobre el área a examinar.

6.8 Aplique una capa muy fina de revelador sobre el área que se está examinando (agitando el contenedor del revelador para que las partículas de este se disparen). Evite el solape de revelador para evitar indicaciones que enmascaren los defectos y/o den falsas indicaciones.

6.9 Observe la superficie durante la aplicación del revelador para detectar la naturaleza de la indicación que sangre excesivamente. La interpretación final será hecha por el inspector 5 minutos después de aplicar el revelador.

7. *Evaluación de las Indicaciones.*

7.1 Todas las indicaciones serán evaluadas de acuerdo a criterios de aceptación indicadas por el Código aplicable (ver Tabla C.0.5).

7.2 Indicaciones no relevantes: cualquier indicación que se considere no relevante deberá ser considerada como sospecha de defecto o no. Indicaciones no relevantes que enmascaren y/o oculten indicaciones de defectos son inaceptables.

7.3 Indicaciones relevantes son aquellas que resulten de discontinuidades mecánicas aceptables.

7.4 Indicaciones lineales son aquellas en la cual la longitud es mayor que tres (3) veces el ancho.

7.5 Las indicaciones redondas son aquellas que son circulares o elípticas con una longitud menor que (3) veces el ancho.

8. Postlimpieza.

Después de la inspección, limpie la superficie utilizando trapos o toallas limpias con la finalidad de dejar el área examinada limpia.

9. Anexos

Reporte de Inspección con Líquidos Penetrantes

UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.2. Reporte de Inspección con Líquidos Penetrantes

Documento: R-2

Fig. C.2.1 - Limpieza con solvente

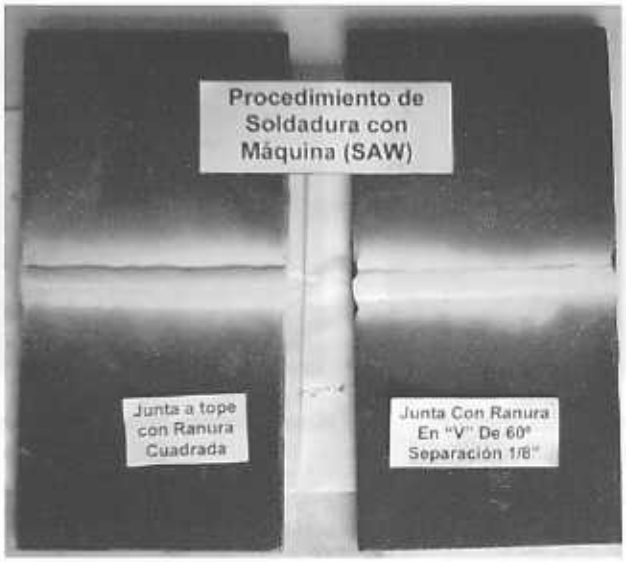
Fig. C.2.2 - Izquierda, aplicación del penetrante (color rojo) a probetas con juntas a tope. Derecha aplicación del revelador

Elaborado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:
	M:
Firma:	A:

Revisado por:	
Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:
Firma:	A:

Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:
Firma:	A:

C.2. Reporte de Inspección con Líquidos Penetrantes



Probeta G1A3 con ranura recta

Probeta G1A2 con ranura en "V"

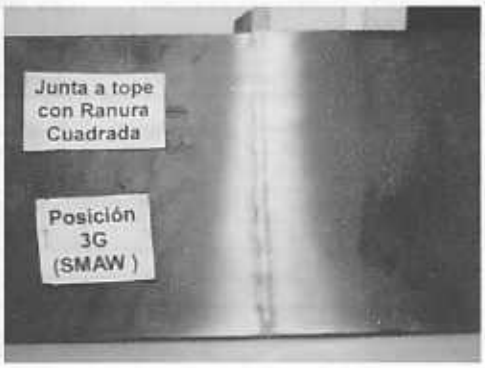
Fig. C.2.3 - El revelador muestra que no hay presencia de discontinuidades en las probetas con proceso SAW

Fig. C.2.4 - Aplicación del penetrante a probetas con juntas a tope G1B3 y G1B2 en posición 3G.

UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.2. Reporte de Inspección con Líquidos Penetrantes

Documento: R-2



Probeta G1B3 con ranura recta, inspeccionada en posición 3G

Probeta G1B2 con ranura en "V", inspeccionada en posición 3G

Probeta B1, inspeccionada en posición 2F

Probeta G1B1, inspeccionada en posición 3F

Fig. C.2.5 - Ausencia de discontinuidades en las probetas con Juntas a tope y en "T" con proceso SMAW

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.2. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	Documento: R-2

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Tipo de Junta: ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento: PR-2	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si / No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (Cantidad)	Ubicación		
G1A1	SAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B1	SMAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Visible ☐ Fluorescente
☐ Penetrante Lavable con agua
☐ Penetrante Posemulsificante
☒ Penetrante Removible con Solvente

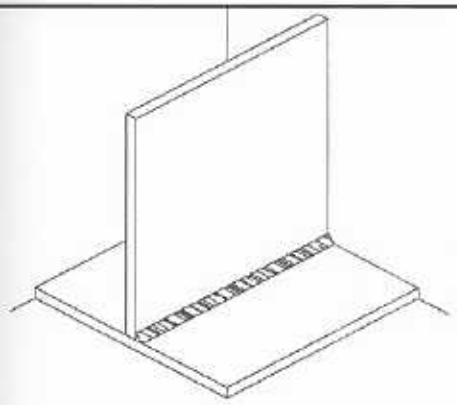
TIPO DE REVELADOR
☒ En suspensión no acuosa
☐ En polvo seco
☐ En suspensión acuosa

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: --- S.No: ---

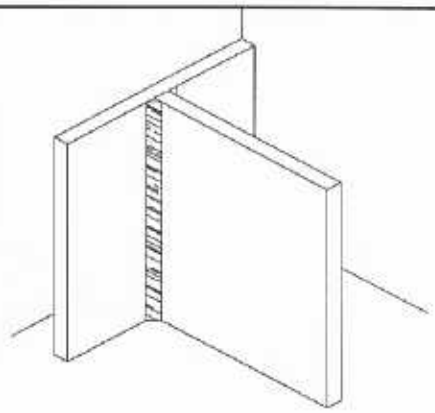
LAMPARA DE LUZ UV
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
___ Watt/cm²

Penetrante	Revelador	Limpiador	POST-EXAMINACIÓN
Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKL-SP1 Lote: 03M12K 04125 Tiempo de Penetración: 10 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKD-S2 Lote: 03K06K 06966 Tiempo de Revelado: 5 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKC-S Lote: 03K14K 09427	Limpieza: Solvente Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A1 posición 2F



G1B1 posición 3F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA

Tipo de Discontinuidad: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.2. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES	Documento: R-2
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano N°: N/A

Inspector: Ing° Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Tipo de Junta: ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento: PR-2	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si / No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (Cantidad)	Ubicación		
B1	SMAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Visible ☐ Fluorescente
☐ Penetrante Lavable con agua
☐ Penetrante Posemulsificante
☒ Penetrante Removible con Solvente

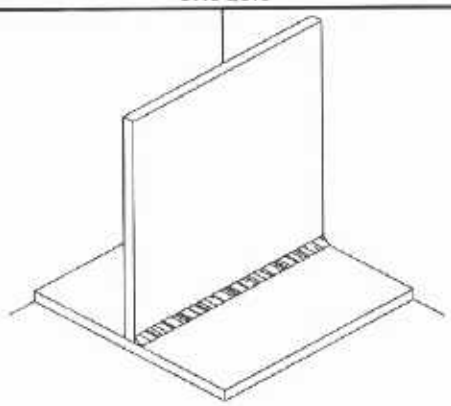
TIPO DE REVELADOR
☒ En suspensión no acuosa
☐ En polvo seco
☐ En suspensión acuosa

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: --- S.No: ---

LAMPARA DE LUZ UV
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
--- Watt/cm^2

Penetrante	Revelador	Limpiador	POST-EXAMINACIÓN
Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKL-SP1 Lote: 03M12K 04125 Tiempo de Penetración: 10 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKD-S2 Lote: 03K06K 06966 Tiempo de Revelado: 5 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKC-S Lote: 03K14K 09427	Limpieza: Solvente Método de Marcado: ---

CROQUIS



B1 posición 2F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA

Tipo de Discontinuidad: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ing° Miguel Vera	D:	Nombre: Ing° Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.2. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES	Documento: R-2
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Tipo de Junta: ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento: PR-2	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si / No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (Cantidad)	Ubicación		
G1A2	SAW	Ranura en V	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☒ Raiz ☒ Raiz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Visible ☐ Fluorescente
☐ Penetrante Lavable con agua
☐ Penetrante Posemulsificante
☒ Penetrante Removible con Solvente

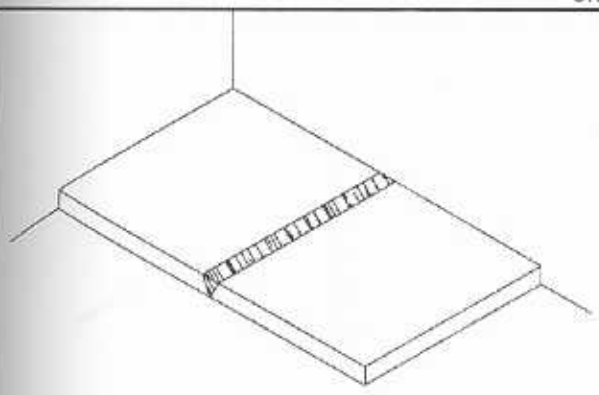
TIPO DE REVELADOR
☒ En suspensión no acuosa
☐ En polvo seco
☐ En suspensión acuosa

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: --- S.No: ---

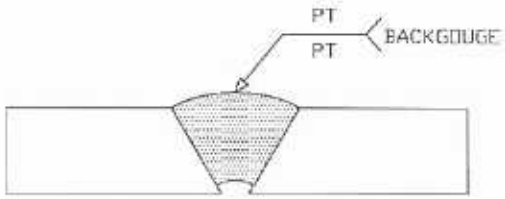
LAMPARA DE LUZ UV
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
--- Watt/cm^2

Penetrante	Revelador	Limpiador	POST-EXAMINACIÓN
Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKL-SP1 Lote: 03M12K 04125 Tiempo de Penetración: 10 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKD-S2 Lote: 03K06K 06966 Tiempo de Revelado: 5 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKC-S Lote: 03K14K 09427	Limpieza: Solvente Método de Marcado: ---

CROQUIS



Posición 1G



OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:
Se inspeccionó con Líquidos Penetrantes en la raíz del pase de penetración o primer pase y la raíz de la junta en el último pase o backweld

LEYENDA
Tipo de Discontinuidad: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.2. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES	Documento: R-2
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Tipo de Junta: ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento: PR-2	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si / No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (Cantidad)	Ubicación		
G1B2	SMAW	Ranura en V	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☒ Raíz ☒ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Visible ☐ Fluorescente
☐ Penetrante Lavable con agua
☐ Penetrante Posemulsificante
☒ Penetrante Removible con Solvente

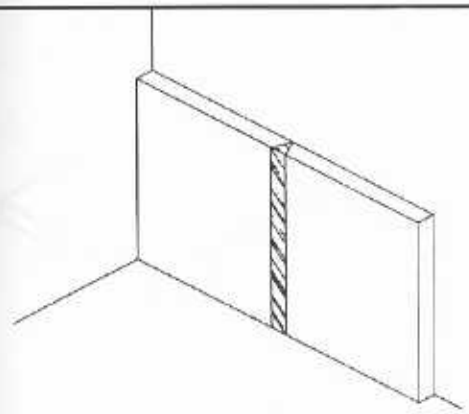
TIPO DE REVELADOR
☒ En suspensión no acuosa
☐ En polvo seco
☐ En suspensión acuosa

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: --- S.No: ---

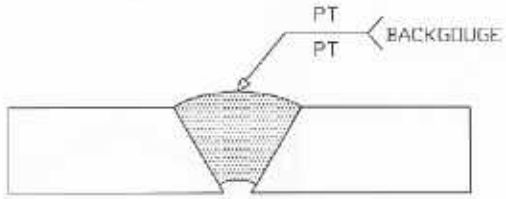
LAMPARA DE LUZ UV
Marca: —
Modelo: ---
S.No: —
Intensidad Luz :
— Watt/cm²

Penetrante	Revelador	Limpiador	POST-EXAMINACIÓN
Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKL-SP1 Lote: 03M12K 04125 Tiempo de Penetración: 10 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKD-S2 Lote: 03K06K 06968 Tiempo de Revelado: 5 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKC-S Lote: 03K14K 09427	Limpieza: Solvente Método de Marcado: —

CROQUIS



Posición 3G



OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:
Se inspeccionó con Líquidos Penetrantes en la raíz del pase de penetración o primer pase y la raíz de la junta en el último pase o backweld

LEYENDA

Tipo de Discontinuidad: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.2. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	Documento: R-2

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano N°: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Tipo de Junta: ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento: PR-2	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si / No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (Cantidad)	Ubicación		
G1A3	SAW	Ranura Recta	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B3	SMAW	Ranura Recta	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☒ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Visible ☐ Fluorescente
☐ Penetrante Lavable con agua
☐ Penetrante Posemulsificante
☒ Penetrante Removible con Solvente

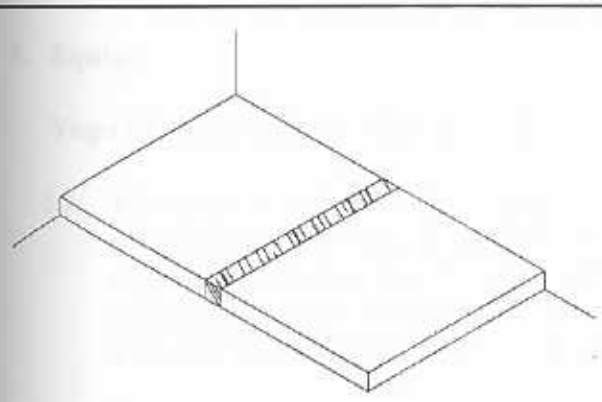
TIPO DE REVELADOR
☒ En suspensión no acuosa
☐ En polvo seco
☐ En suspensión acuosa

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: --- S.No: ---

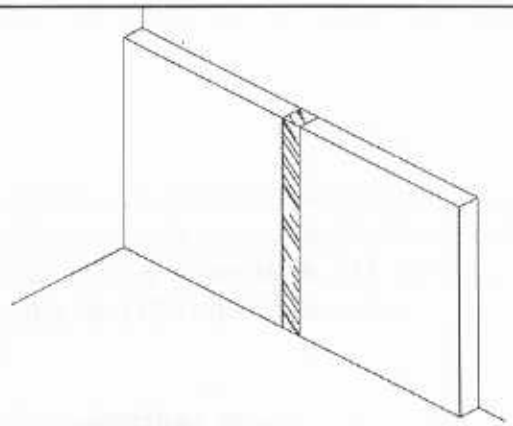
LAMPARA DE LUZ UV
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
___ Watt/cm²

Penetrante	Revelador	Limpiador	POST-EXAMINACIÓN
Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKL-SP1 Lote: 03M12K 04125 Tiempo de Penetración: 10 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKD-S2 Lote: 03K06K 06966 Tiempo de Revelado: 5 min	Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKC-S Lote: 03K14K 09427	Limpieza: Solvente Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A3 posición 1G



G1B3 posición 3G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA

Tipo de Discontinuidad: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

C.3. Procedimiento de Partículas Magnéticas

1. Propósito

Este procedimiento se aplicará para detectar discontinuidades superficiales en las soldaduras de probetas, fabricadas con material de Acero Estructural ASTM A-36.

2. Alcance

Este procedimiento se usará en concordancia con las especificaciones del Código de Soldadura Estructural ANSI/AWS D.1.1 2000

3. Referencias

- Código ASME Sección V. Articulo 7, Edición 2001, Adenda 2003
- Código de Soldadura Estructural ANSI/AWS D.1.1 2000

4. Personal

El personal que ejecuta y evalúa ésta inspección deberá ser calificado como Nivel II en este método de acuerdo a la Práctica Escrita de la ASNT, Guía SNT-TC-1 A y deberá tener actualizado sus exámenes de agudeza visual (Jeager J-1 ó J-2) y Test de Colores ó Ishihara's Test.

5. Equipo

Yugo Electromagnético Magnaflux Y-7

5.1. El equipo a utilizarse es un yugo electromagnético de corriente alterna (CA) y corriente directa (CD) que tiene un poder de levantamiento por lo menos de 10 lb. (4.56 kg.) a un espacio máximo de sus polos cuando se utiliza la C.A. y de 40 lb. (18.1 Kg.) cuando se utiliza C.D. Se deberá usar una fuente de poder de 110 voltios y de corriente alterna para yugo electromagnético de corriente alterna.

5.2. Para la aplicación y limpieza de las partículas magnéticas se utilizará una perilla de aire operada manualmente o una pistola de aire.

5.3. Las partículas secas deberán ser de un color que provea suficiente contraste con el fondo de la superficie a la cual estamos examinando, algunos tipos de partículas magnéticas son las siguientes: Magnaflux 1 Gray, 3A Black y 8A Red.

6. Procedimiento

6.1. Preparar, limpiar y secar la superficie a ser examinada y cualquier área adyacente a una distancia mínima de 1" (25,4 mm).

6.1.1. La superficie deberá ser limpiada con cepillo de alambre para eliminar irregularidades que podrían interferir con los resultados de la inspección final tales como: óxido y/o recubrimientos.

6.1.2. Remover el aceite y la grasa utilizando trapos humedecidos con solventes limpiadores

6.2. Proporcionar una iluminación adecuada para esta inspección. Por ejemplo: la luz del día, ó la iluminación de una linterna estándar de 3 voltios será adecuada y suficiente. La iluminación de la luz visible deberá tener como mínimo una intensidad de 1000 Lux (100 pc).

Cuando se utiliza el Método Húmedo Fluorescente con Magnaglo, aplicar el baño preparado 14AM y una intensidad de la luz negra la cual no deberá ser menor de 1000 mw/cm^2 a una distancia de 30 cm.

6.3. Antes de su uso en cada turno y nuevamente al término del turno, es necesario verificar la fuerza de levantamiento del respectivo yugo electromagnético. Para un yugo electromagnético aplicando corriente alterna (C.A.) levantar un peso de 10 lb. (4.56 kg.) y de espacio de los polos que se están usando si en cualquier momento si el yugo falla en levantar el peso requerido, las áreas examinadas desde el último chequeo satisfactorio será reexaminada con un yugo que cumpla estos requerimientos.

6.4. Coloque los polos del yugo sobre la superficie a ser examinada. Prender la corriente.

6.5. Aplicar las partículas magnéticas esparciéndolas uniformemente y en pequeñas cantidades sobre la superficie que está siendo examinada. Para el caso del Método Seco remover el exceso de partículas con un flujo suave de aire de tal forma que está no distorsione el agrupamiento de las partículas.

6.6. Observe el agrupamiento de las partículas e identifique la indicación de una discontinuidad

6.7. En caso de Partículas Húmedas Fluorescentes estas se harán evidentes utilizando una lámpara de luz (UV).

6.8. Después que la inspección está completa apague la corriente

6.9. Ejecute una segunda inspección en la misma área (puntos 6.4 a 6.8) con los polos del yugo posicionados a 90° de la posición inicial.

6.10. Reubicar los polos del yugo electromagnético para examinar el área próxima, sobrelapando los polos para asegurar una cobertura de 100% del área requerida para inspección.

7. Anexos

Reporte de Inspección con Partículas Magnéticas

UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.3. Reporte de Inspección con Partículas Magnéticas

Documento: R-3A

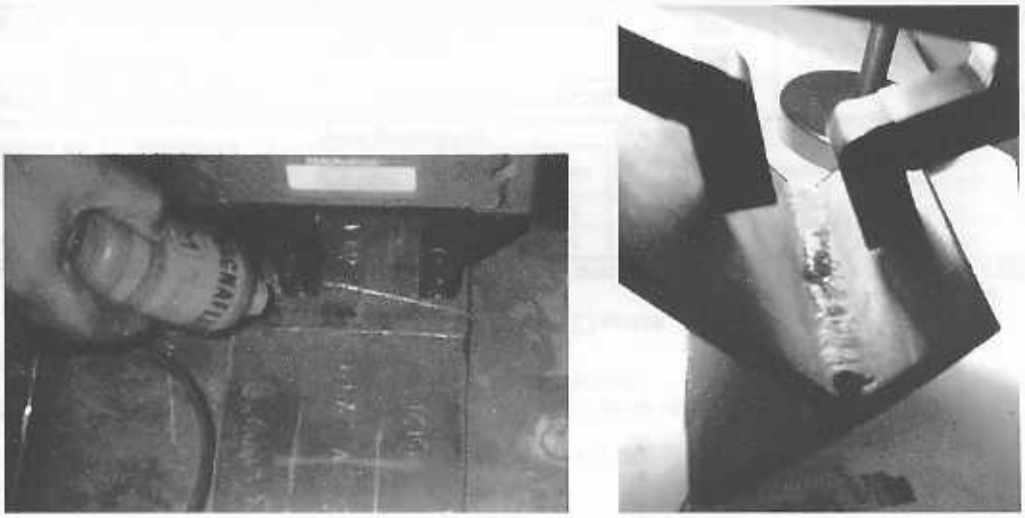


Fig. C.3.1 - Aplicación de partículas secas a las probetas con junta a tope (Proceso SAW) y junta en "T" con soldadura de filete (Proceso SMAW)

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3A
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Especifica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
G1A1	SAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B1	SMAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☐ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: 8A Red
Color: roja
Lote:

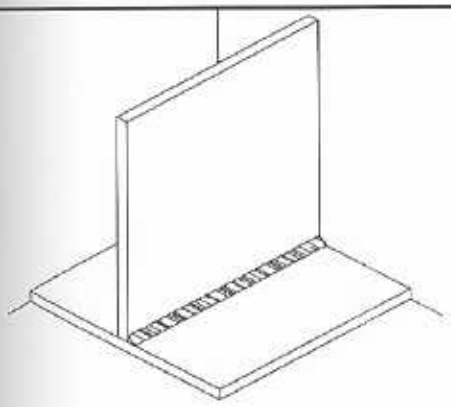
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---

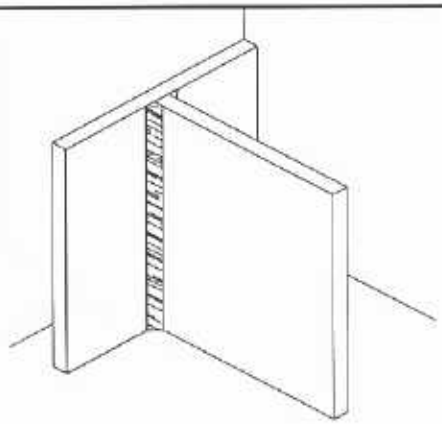
LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
_____ mWatt/cm²

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A1 posición 2F



G1B1 posición 3F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3A
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
B1	SMAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☐ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: 8A Red
Color: roja
Lote:

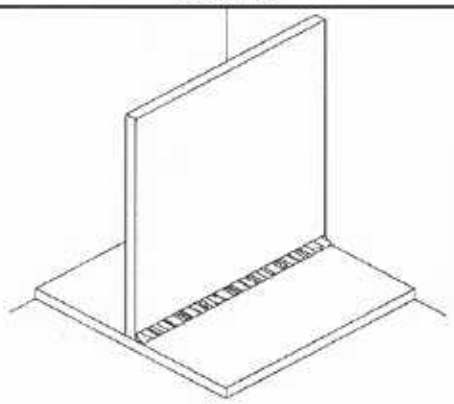
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---

LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
_____ mWatt/cm²

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



B1 posición 2F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3A
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Especifica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
G1A2	SAW	Ranura en V	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B2	SMAW	Ranura en V	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☒ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☐ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: 8A Red
Color: roja
Lote:

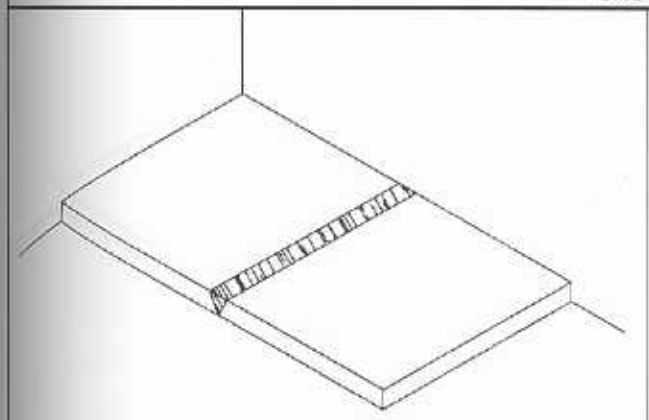
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---

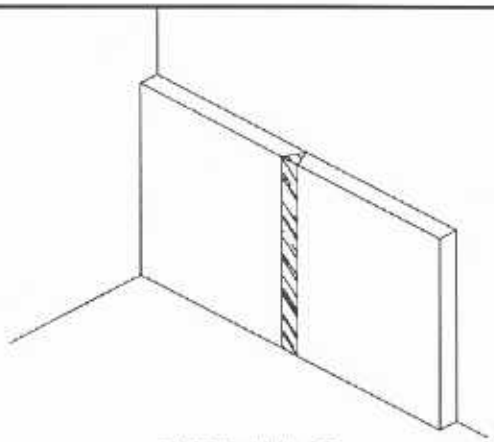
LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
_____ mWatt/cm²

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A2 Posición 1G



G1B2 Posición 3G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:

Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3A
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
G1A3	SAW	Ranura Recta	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B3	SMAW	Ranura Recta	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☒ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☐ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: 8A Red
Color: roja
Lote:

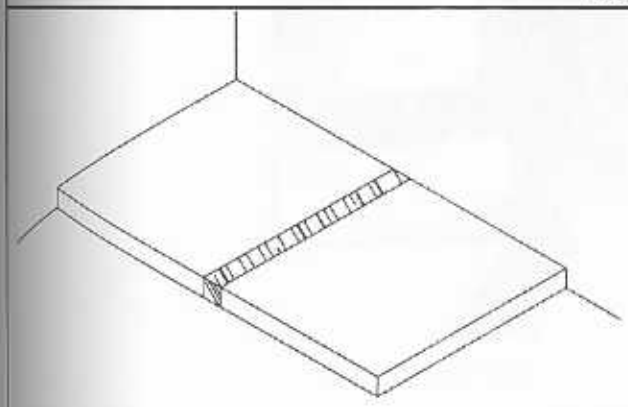
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---

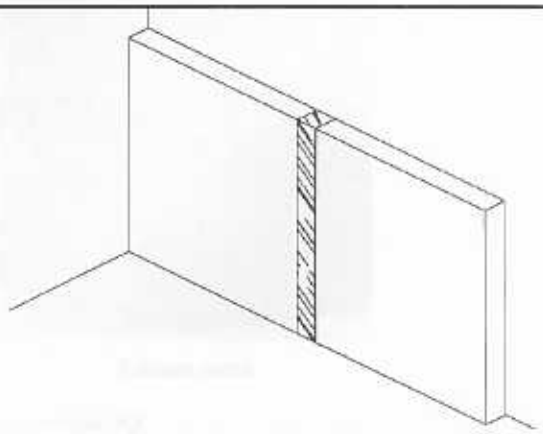
LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
_____ mWatt/cm^2

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A3 posición 1G



G1B3 posición 3G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

Fig. C.3.2 - Emisión de luz ultravioleta de una lámpara muestra una medición 4250 $\mu W/cm^2$ a una distancia de 30 cm., la misma no tiene que ser menor de 1000 $\mu W/cm^2$.

Ranura en V

Ranura recta

Proceso SMAW en posición 3G

Fig. C.3.3 - Inspección con partículas húmedas fluorescentes a probetas con juntas a tope

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3B
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
G1A1	SAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B1	SMAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☐ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☒ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTÍCULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: : 14AM
Color: ---
Lote: : 01F03K / 00755

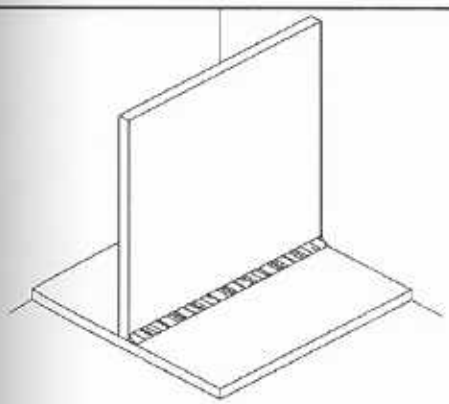
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: Black Ray
Modelo: J-221
S.No: ---

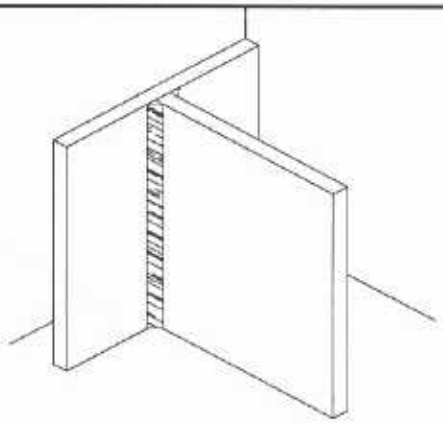
LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: TIEDE
Modelo: 220 V 100 watt 50/60 HZ
S.No: ---
Intensidad Luz : 4250 mWatt/cm²

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A1 posición 2F



G1B1 posición 3F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3B
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Especifica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
B1	SMAW	Filete	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raiz ☐ Raiz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☐ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☒ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTÍCULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: : 14AM
Color: ---
Lote: : 01F03K / 00755

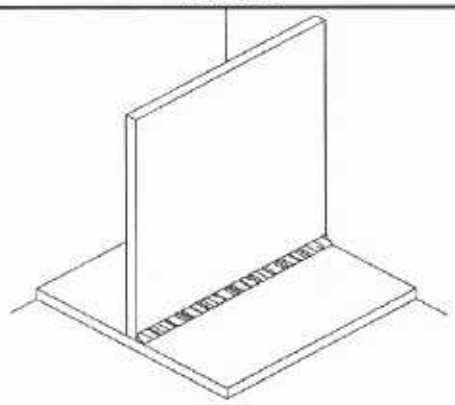
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: TIEDE
Modelo: 220 V 100 watt 50/60 HZ
S.No: ---
Intensidad Luz : 4250 mWatt/cm²

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: Black Ray
Modelo: J-221
S.No: ---

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



B1 posición 2F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raiz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3B
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
G1A2	SAW	Ranura en V	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B2	SMAW	Ranura en V	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☒ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☐ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☒ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTÍCULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: : 14AM
Color: ---
Lote: : 01F03K / 00755

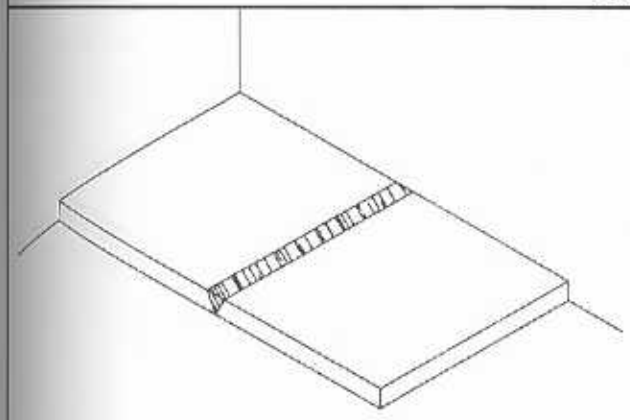
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: TIEDE
Modelo: 220 V 100 watt 50/60 HZ
S.No: ---
Intensidad Luz : 4250 mWatt/cm²

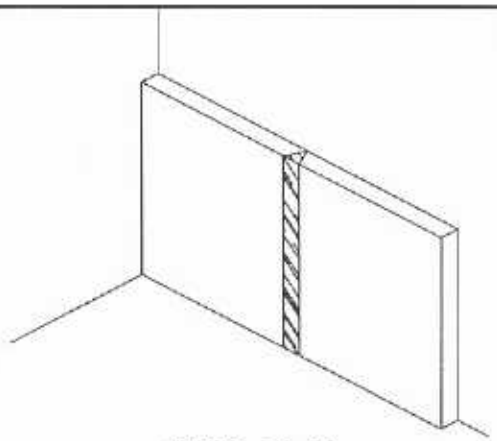
MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: Black Ray
Modelo: J-221
S.No: ---

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A2 Posición 1G



G1B2 Posición 3G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:

Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.3. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3B
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
G1A3	SAW	Ranura Recta	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No
G1B3	SMAW	Ranura Recta	Entera	300	N	N/A	N/A	Aceptado	No

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☒ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☐ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☒ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTÍCULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: : 14AM
Color: ---
Lote: : 01F03K / 00755

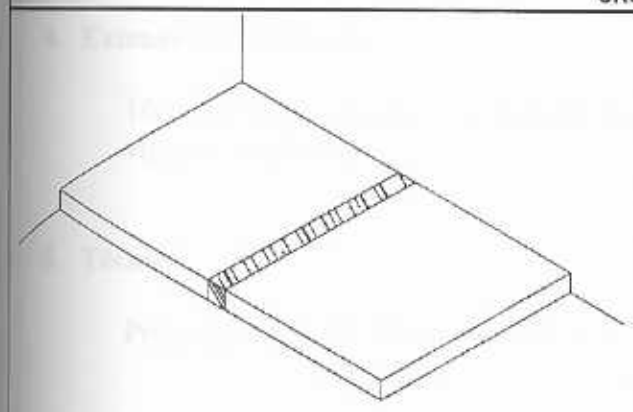
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: Black Ray
Modelo: J-221
S.No: ---

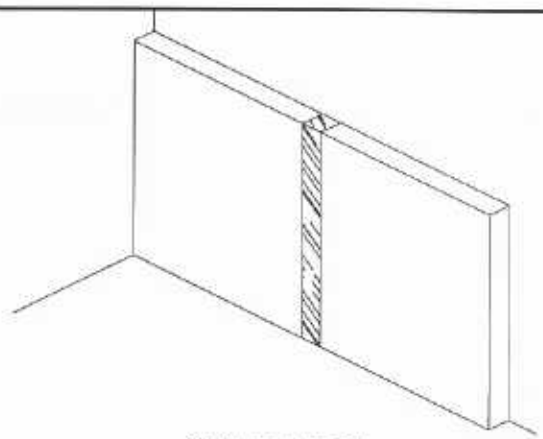
LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: TIEDE
Modelo: 220 V 100 watt 50/60 HZ
S.No: ---
Intensidad Luz : 4250 mWatt/cm²

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



G1A3 posición 1G



G1B3 posición 3G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA:

Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

C.4. Procedimiento de Ultrasonido

1. Propósito

Mediante el ensayo de ultrasonido se evaluará la calidad de las uniones soldadas de planchas en acero al carbono ASTM A-36 con la finalidad de cumplir con las especificaciones del código AWS D.1.1.2000.

2. Alcance

Este procedimiento se aplica a espesores de material base de 5/16" (8 mm) hasta 2 ½" (64 mm) y en soldaduras de juntas a tope (Butt Welds) de probetas soldadas con Procesos de Arco Sumergido (SAW) y Arco Protegido (SMAW) motivo de este trabajo.

3. Referencias

3.1 Código de Soldadura Estructural ANSI/AWS D.1.1.2000 "Conexiones No Tubulares Cargadas Estáticamente y Cíclicamente"
3.2 Práctica recomendada ASNT – SNT – TC-1A edición 1996 adenda 1998

4. Extensión del Ensayo

100% de la extensión de soldadura a tope en alas y almas de miembros estructurales de acero vigas y/o columnas

5. Técnica

Presentación A-SCAN por contacto directo

6. Definiciones

Leg 1 (Pierna 1): mitad del camino del sonido recorrido

Leg 2 (Pierna 2): camino completo del camino del sonido recorrido

C.4. Procedimiento de Ultrasonido

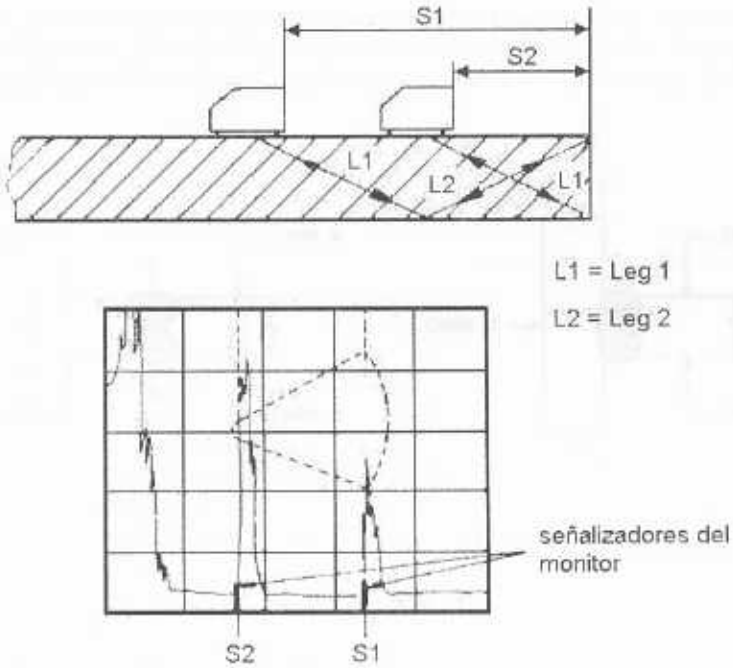


Fig. C.4.1 – Desplazamiento del palpador y trayectoria de haz ultrasónico

7. Tipo de Junta (ver tabla C.4.1 y Fig. C.4.2)

Espesor del Material, pulg. (mm)						
Tipo de Soldadura	5/16 (8.0) a 1-1/2 (38) *		> 1-1/2 (38) a 1-3/4 (45) *		> 1-3/4 (45) a 2-1/2 (64) *	
A Tope	1	O	1	F	1G ó 4	F
En T	1	O	1	F ó XF	4	F ó XF

Tabla C.4.1 – Ángulo de ensayo (ver tabla C.4.2)

C.4. Procedimiento de Ultrasonido

Observación: la tabla C.4.1 está representada parcialmente en este procedimiento con relación a la tabla original del Código AWS D1.1-2000 la cual llega hasta espesores de 8" (200mm), esto se hizo porque en el diseño de estructuras, los perfiles de acero dificilmente llegan a espesores entre 1 ¾" (45 mm) y 2 ½" (64 mm).

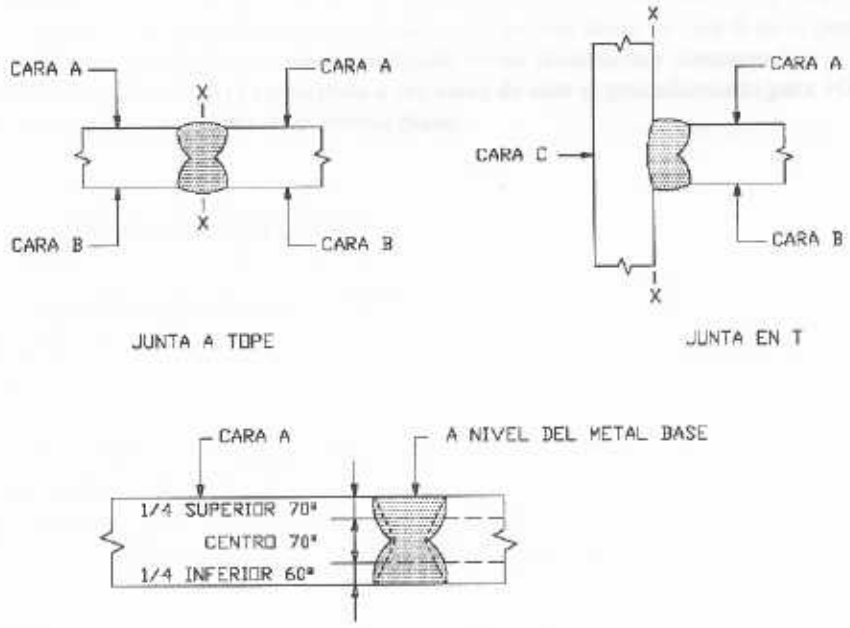


Fig. C.4.2 – Tipos de Juntas

Observación: la inspección con UT de Juntas en T se aplica cuando se diseña con penetración completa (CJP), es decir cuando la junta presenta bisel en K. Este procedimiento está orientado a juntas a tope aunque su alcance puede incluir Junta del tipo "T" o "L"

Notas:

1. Cuando sea posible, todas las inspecciones serán hechas desde la cara A y en la pierna I, a menos que algo diferente sea especificado en esta tabla.
2. Las áreas de la raíz en juntas de soldadura de ranura simple (bisel en V) las cuales tienen tiras de respaldo no requieren su remoción por especificación, serán ensayadas en la pierna I, donde sea posible, con la cara A opuesta a la tira de respaldo. (Esmerilado de la cara de soldadura o ensayo de caras adicionales de soldadura pueden ser necesarios para permitir una inspección completa de la raíz de la soldadura)
3. El examen en la pierna II o III será hecha solamente para satisfacer previsiones de esta tabla o cuando sea necesario ensayar las áreas soldadas que se hacen inaccesibles en una superficie de soldadura no esmerilada, o exista interferencia con otra porción de la soldadura o cumpla los requerimientos 6.26.6.2 del Código AWS D.1.1. (Juntas a tope).

4. Un máximo de inspección en la pierna III será usada solamente donde el espesor o la geometría impide la inspección de las áreas completas de la soldadura y las zonas afectadas por el calor en la pierna I o en la pierna II
5. En las soldaduras sometidas a tensión en estructuras de carga cíclica, el espesor correspondiente al cuarto superior será ensayada con la pierna final de la proyección del sonido desde la cara B hacia la cara A, el cuarto inferior (fondo), será ensayado con la pierna final de la proyección del sonido desde a la cara A hacia la cara B; ejemplo, el cuarto superior del espesor será ensayado alternativamente desde la cara B en la pierna I a opción del contratista a menos que otra cosa diferente sea especificado en los documentos contractuales.
6. La cara de la soldadura indicada será esmerilada a ras antes de usar el procedimiento para 1G. La cara A para ambos conectará los miembros y estarán en el mismo plano.

Leyenda correspondiente a la tabla C.4.1:

X: verifique o inspeccione desde la cara "C"
G: esmerile la soldadura a ras
O: no requerido

Cara A: la cara del material desde la cual la inspección inicial es hecha (en juntas T seguir de acuerdo a los esquemas anteriores)
Cara B: la cara opuesta a la cara A (en la misma plancha)
Cara C: La cara opuesta a la soldadura que conecta las piezas o una junta en T.

* requerido solamente cuando la presentación de la referencia altura de la indicación de discontinuidad es notada en la interfase metal base - metal soldadura mientras se inspecciona con un nivel de barrido con procedimiento primario seleccionado de la primera columna.

F: Las indicaciones en la interface metal base - metal soldadura serán posteriormente evaluadas alternativamente con palpadores de 45°, 60° y 70° sin importar que el recorrido del sonido esté cerca de ser perpendicular a la superficie de fusión sospechosa

Área del espesor de la soldadura			
N°	¼ Superior	Centro	¼ Inferior
1	70°	70°	70°
2	60°	60°	60°
3	45°	45°	45°
4	60°	70°	70°
5	45°	70°	70°

Tabla C.4.2 - Ángulo de ensayo (continuación de la tala C.4.1)

Observación: la tabla C.4.2 está representada parcialmente en este procedimiento con relación a la tabla original del Código AWS D1.1-2000 como consecuencia de la tabla C.4.1

8. Equipo

El equipo a utilizarse será un KRAUTKRÄMER USD 10 con ganancia en decibeles y pantalla osciloscópica. Equipos similares u de otras marcas también podrán ser utilizados. La verificación de su linealidad de ganancia y amplitud estarán vigentes; así como la horizontalidad.

9. Personal

El ejecutante e interprete del ensayo será un Ingeniero o Técnico calificado como mínimo nivel II de acuerdo a lo recomendado por la práctica de la ASNT SNT-TC-IA edición 1996 adenda 1998 y el código AWS D.1.1.2000

10. Preparación de la Superficie

La superficie donde se ubicará el palpador para barrer e inspeccionar la soldadura deberá estar libre de irregularidades que no permiten un buen contacto con el palpador.

11. Palpadores Angulares (onda transversal)

Frecuencia: 2 – 2,5 MHz

Dimensiones del cristal: Será cuadrado o rectangular y puede variar de 5/8" a 1" (16 a 25 mm) en ancho y de 5/8" a 13/16" (16 a 21 mm) en altura. La máxima relación ancho / altura será 1,2 a 1,0 y la mínima será 1,0 a 1,0

Ángulos: El palpador producirá un haz de sonido en el material que está siendo ensayado dentro del ± 2° de los siguientes ángulos: 45°, 60° y 70°. El ángulo a utilizarse dependerá del espesor y zona de soldadura, de acuerdo a la tabla C.4.2

Palpadores: Los palpadores angulares consistirán de un cristal y una zapata respectivamente. El palpador puede ser presentado como una unidad y/o en dos elementos separados.

12. Palpadores de Haz Recto o Normal (Onda Longitudinal)

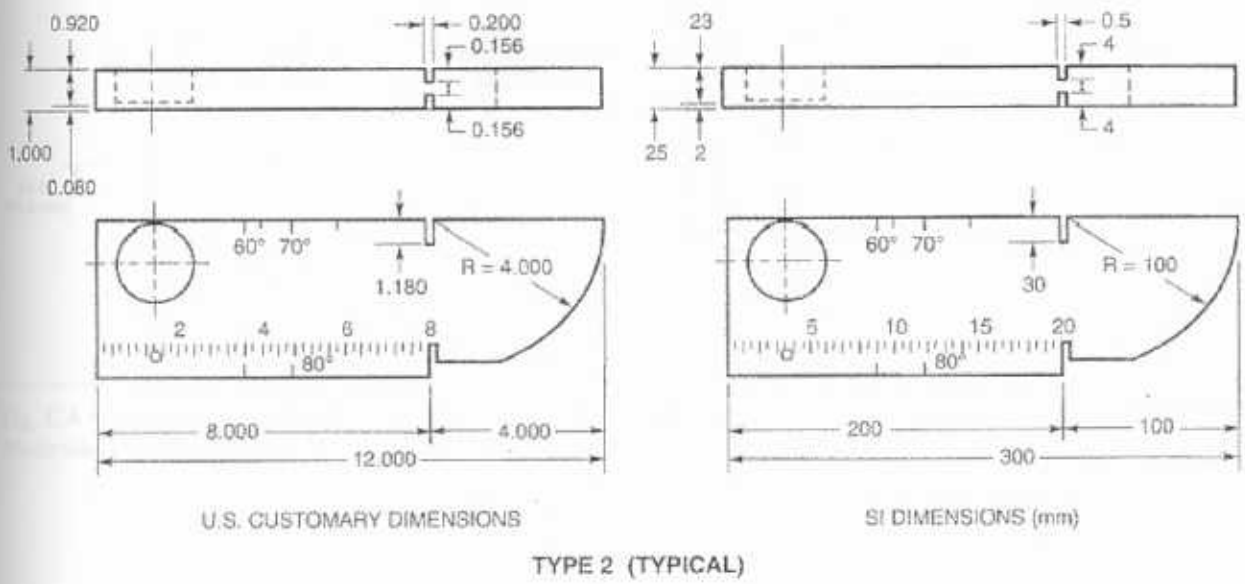
Los palpadores de haz recto (onda longitudinal) tendrán un área activa de no menos que ½ pulg.^{2}. El palpador será redondo o cuadrado. Los palpadores serán capaces de resolver las tres reflexiones de resolución.

13. Acoplante

Aceite de motor, glicerina y/o pegamento a base de almidón disuelto en agua "OPTALIN"

14. Bloque de Calibración

De acuerdo a la Figura 2 extraída del Código AWS D.1.1 – 2000 se utilizará el bloque IIW – TIPO 2



TYPE 2 (TYPICAL)

Fig. C.4.3 – Bloque referencial de Ultrasonido del International Institute of Welding (IIW)

15. Calibración

15.1 Sensibilidad: se hará con la máxima reflexión del hoyo de 1,6mm (0,06") de diámetro del patrón IIW tipo 2, llevando a 80% de altura de la pantalla, su valor obtenido en decibeles (ganancia) representará el nivel de referencia "b" del ensayo.

15.2 Barrido distancia horizontal: se hará en función de la distancia proyectada; seleccionando nueva escala, tal que todo volumen de la soldadura quede representado en la pantalla

15.3 Calidad del metal base: el volumen del metal base a través del cual se desplazará el haz ultrasónico estará libre de defecto de laminación; y por lo tanto se inspeccionará antes del ensayo, con un palpador de has recto solamente dicho volumen.

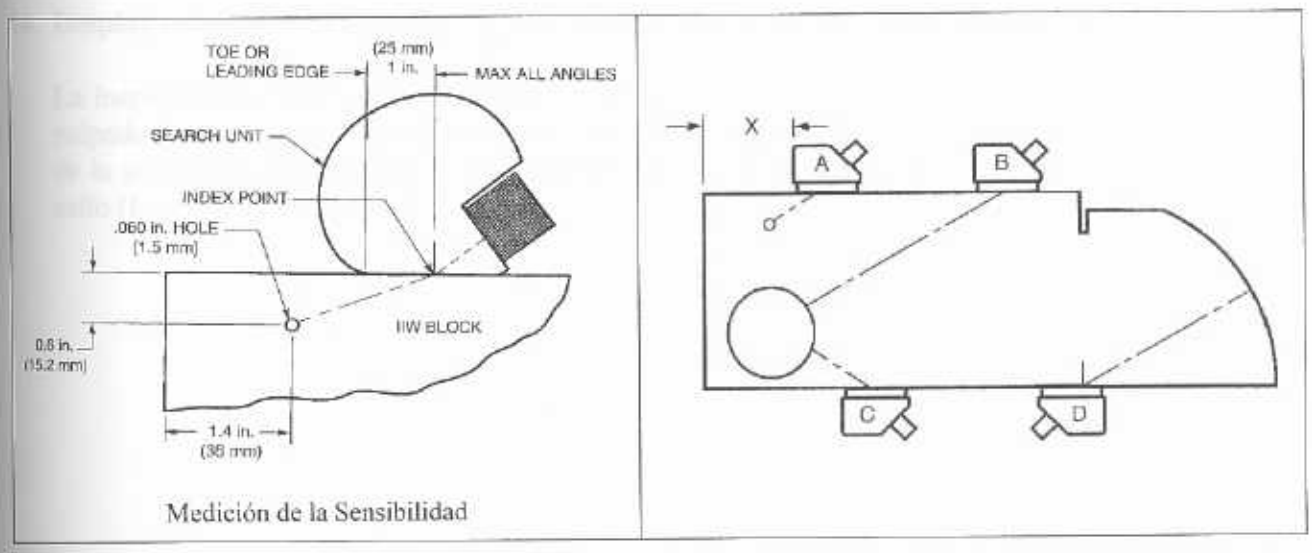


Fig. C.4.4 - Calibración del equipo de ultrasonido con palpador angular. (A) Medición de la Sensibilidad, (B) y (C) Medición Angular, (D) Medición de la Distancia.

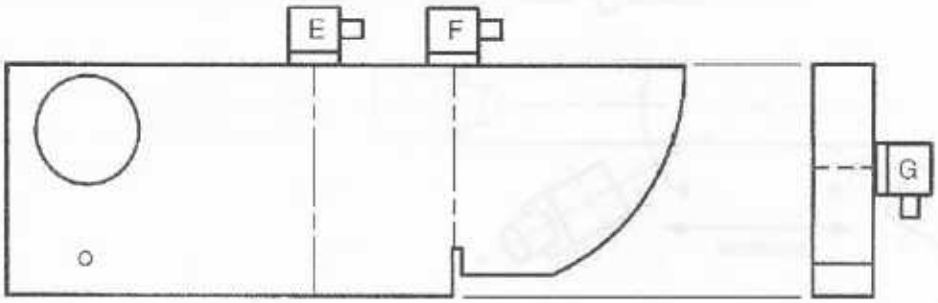


Fig. C.4.5 - Calibración del equipo de ultrasonido con palpador normal. (E) y (G) Medición de la Distancia, (F) Medición de la Resolución

16. Desplazamiento del Palpador

La inspección se hará desde una sola cara, pero a ambos lados de la soldadura desplazando el palpador con movimiento uniforme en ZIG-ZAG y ligera rotación que garantice cobertura total de la soldadura y a lo largo de la línea paralela al eje de la soldadura correspondiente al medio salto (Leg I) (ver Fig. C.4.6)

C.4. Procedimiento de Ultrasonido

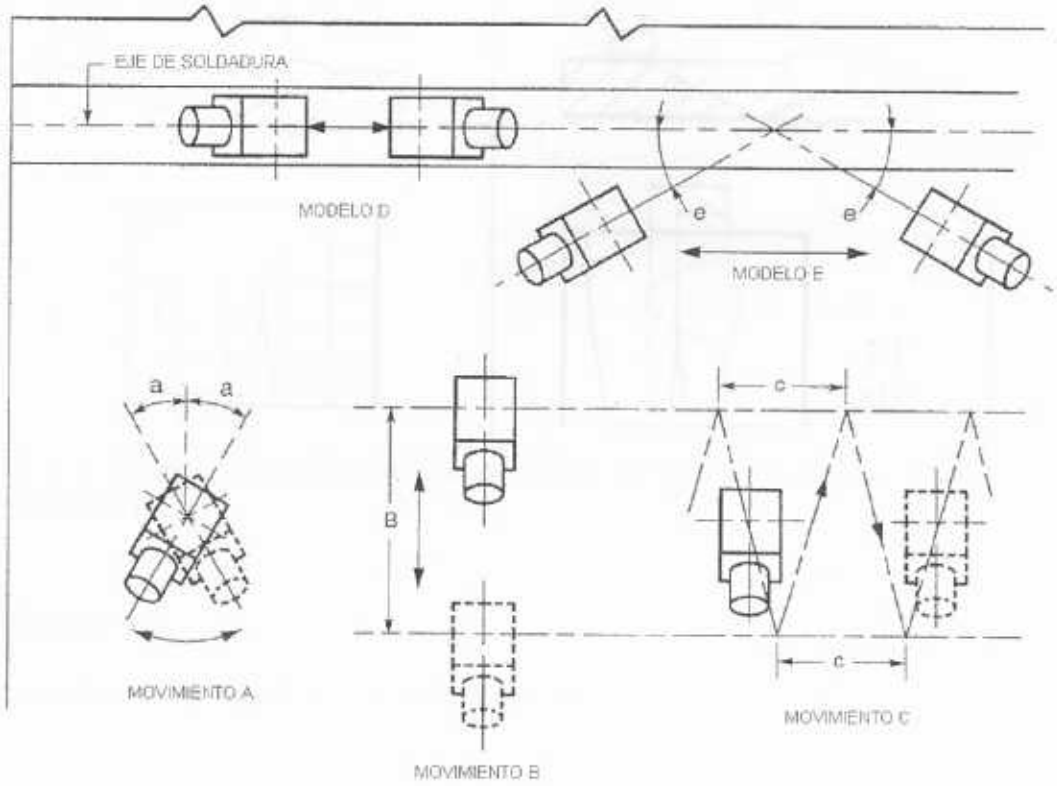


Fig. C.4.6 - Vista de planta de los modelos de exploración en el ensayo de ultrasonido

Notas:

a) Los modelos de ensayo son todos simétricos alrededor del eje de la soldadura con la excepción del modelo D el cual es conducido directamente sobre el eje de la soldadura
b) El ensayo de ambos lados de los ejes de la soldadura será hecho cada vez que sea mecánicamente posible

C.4. Procedimiento de Ultrasonido

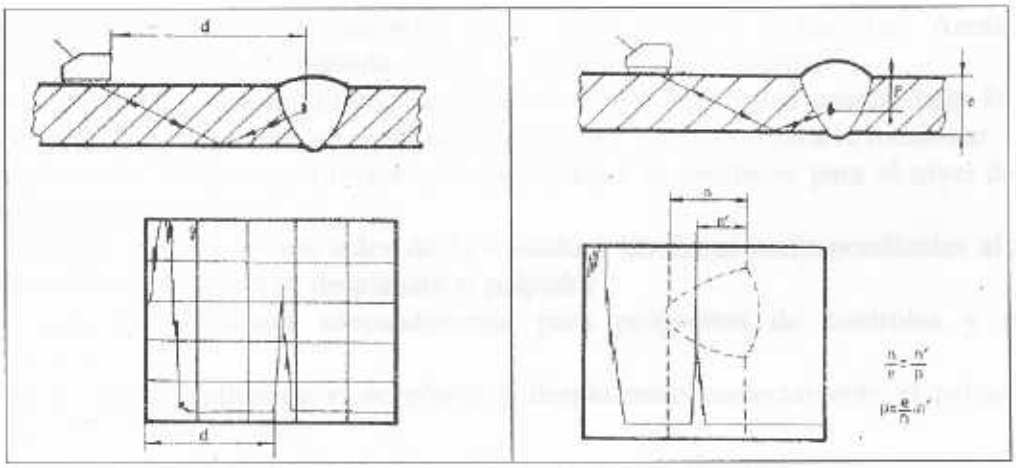


Fig. C.4.7 - Determinación de la distancia (d) y profundidad (P) a la cual se encuentra una heterogeneidad

17. Nivel de Inspección

El valor dependerá de la longitud de la trayectoria recorrida por el haz de acuerdo a la tabla C.4.3

Tabla C.4.3 - Nivel de Inspección

	Referencia encima de cero, db	
Trayectoria del sonido** en pulgadas (mm)	Cargado Estáticamente	Cargado Cíclicamente
Hasta 2½ (64mm)	14	20
> 2½ a 5 (64 – 127 mm)	19	25
> 5 a 10 (127 – 254 mm)	29	35
> 10 a 15 (254 – 381 mm)	39	45

** Esta columna se refiere a la distancia de la trayectoria del sonido; y no al espesor del material

18. Procedimiento

- Ajustar el equipo en el rango de barrido horizontal, en términos de la distancia proyectada
- Trace sobre la pantalla el intervalo correspondiente al espesor de la soldadura (n) si el equipo no dispone de compuerta

- Ajustar la sensibilidad entre un 40% a 80% de la altura de la pantalla. Anote el valor de decibeles de la ganancia obtenida, es decir "b" o nivel de referencia
- Una vez ajustado (calibrado) no se debe mover los controles usados para la calibración (retardo, rango, supresión), excepto el de ganancia. En caso contrario recalibrar.
- Con el control de ganancia incremente la cantidad de decibeles para el nivel de inspección requerido para el ensayo
- Determine y trace a ambos lados de la soldadura las líneas correspondientes al medio salto (Leg I) a través del cual se desplazará el palpador
- Identifique la soldadura adecuadamente para propósitos de controles y registros de trazabilidad
- Inicie el ensayo aplicando el acoplante y desplazando correctamente el palpador sobre la pieza
- Si aparece sobre la pantalla alguna señal proveniente de alguna discontinuidad, ubique su máxima amplitud y llévela a la altura del nivel de referencia
- Registre la cantidad de decibeles resultantes el cual representa el nivel de la indicación "a"
- Calcule el factor de atenuación "c" aplicando la fórmula c=2*(H-1) decibeles; H = longitud en pulgadas del haz a la discontinuidad
- Calcule el "Rating" de la discontinuidad con ganancia en decibelios

$$d = a - b - c$$

d = Rating de la discontinuidad
a = nivel de indicación
b = Nivel de referencia
c = Factor de atenuación

- Determine su longitud, localización y profundidad
- Utilizando la Tabla C.4.4, según sea el caso, de aceptación y rechazo determine según el valor "d" obtenido si la discontinuidad es aceptable o no
- En caso de rechazo, marcar la zona o reparar directamente sobre la soldadura
- Llene el reporte del ensayo, identificando el cordón, pieza, precisión y resultados

19. Criterio de Aceptación-Rechazo

Una vez determinado el valor "d" (Rating) de la discontinuidad y su longitud, se utiliza la tabla C.4.4, dependiendo del caso de carga, para decidir la aceptación o no.

C.4. Procedimiento de Ultrasonido

Tabla C.4.4 - Criterio de Aceptación-Rechazo con Ensayo de Ultrasonido para Conexiones No Tubulares Cargadas Estáticamente y Cíclicamente.

Clase de Severidad de la Discontinuidad	Espesor de la Soldadura en pulgadas (mm) y ángulos en grados									
	Cargadas Estáticamente					Cargadas Cíclicamente				
	5/16 a 3/4 (19)	>3/4 a 1½ (38)	> 1½ a 2½ (64)			5/16 a 3/4 (19)	>3/4 a 1½ (38)	> 1½ a 2½ (64)		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	70°	70°	60°	45°
Clase A	+5 & menos	+2 & menos	-2 & menos	+1 & menos	+3 & menos	+10 & menos	+8 & menos	+4 & menos	+7 & menos	+9 & menos
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	+11	+9	+5 +6	+8 +9	+10 +11
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	+12	+10	+7 +8	+10 +11	+12 +13
Clase D	+8 & más	+8 & más	+8 & más	+8 & más	+8 & más	+13 & más	+11 & más	+9 & más	+12 & más	+14 & más

Notas:

a) Discontinuidades de clase B y C serán separadas por al menos 2 L, siendo L la discontinuidad más grande, excepto cuando dos o más discontinuidades de esta clase no son separadas por al menos 2L, pero la longitud combinada de discontinuidades y sus distancias de separación es igual a menos que la longitud máxima permitida bajo las previsiones de las clases B o C, la discontinuidad será considerada una discontinuidad simple y aceptable.

b) Las discontinuidades clase B y C no comenzarán a una distancia menor que 2L, desde el extremo de la soldadura que lleva esfuerzos de tensión primaria, siendo L la longitud de la discontinuidad.

c) Las discontinuidades detectadas a un "nivel de inspección" en el área de la cara de raíz de una soldadura de ranura doble "V" y penetración completa serán evaluadas usando un "rating" de indicación de 4 dB más sensitivo que el descrito en el código AWS párrafo 6.26.6.5 cuando tales soldaduras están diseñadas como "soldaduras de tensión" en el plano de fabricación (restar 4 dB del rating de indicación "d"

d) El espesor de la soldadura será definido como el espesor mínimo de la plancha más delgada de la junta de soldadura.

Clase A (discontinuidades largas): cualquier indicación en esta categoría debería ser rechazado (en consideración de la longitud)

Clase B (discontinuidades medianas): cualquier indicación en esta categoría que tiene una longitud mayor de ¾" (19 mm) debería ser rechazado.

Clase C (discontinuidades pequeñas): para conexiones no tubulares cargadas estáticamente, cualquier indicación en esta categoría que tiene una longitud mayor de 2" (50 mm) debería ser rechazado. Para conexiones no tubulares cargadas cíclicamente, en el centro o ¾" (20 mm) de longitud a nivel superior o ¼" a nivel inferior del espesor de la soldadura debería ser rechazado.

Clase D (discontinuidades menores): Cualquier indicación en esta categoría debería ser aceptado considerando la longitud o localización en la soldadura.

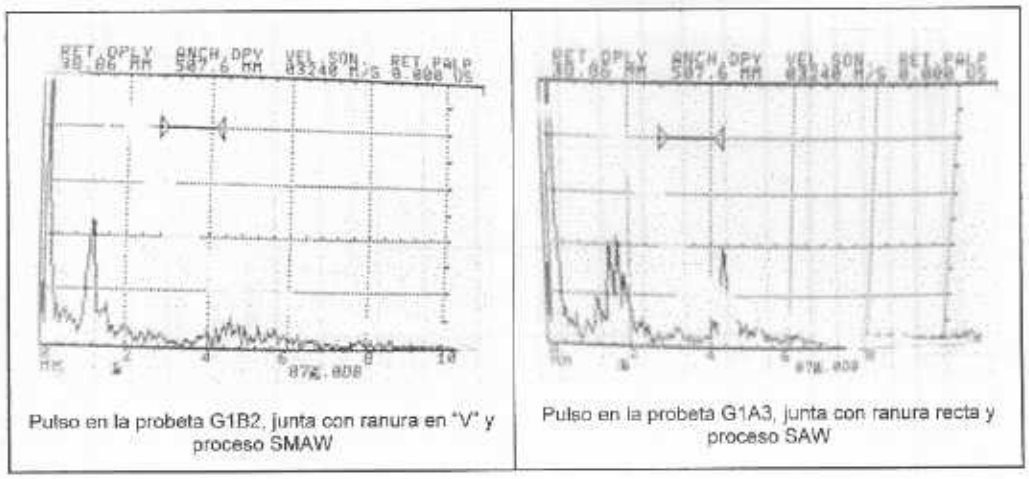
20. Determinación de la Longitud de una Discontinuidad

a) Obtener máxima respuesta de la indicación
b) Calcular a un 80% de altura de pantalla
c) Desplazar el palpador hacia la derecha o izquierda, hasta que la señal caiga a 40% de altura de pantalla
d) Marcar sobre la soldadura este punto
e) Desplazar el palpador hacia el sentido contrario, hasta que la señal se ubique en un 40% y marcar este otro punto en la soldadura
f) La distancia entre los puntos marcados en (d) y (e) será la longitud de la discontinuidad.

21. Anexo

Reporte de Inspección de Soldaduras con Ultrasonido

La figura C.4.8 muestra la evaluación con ultrasonido en probetas con junta a tope, inspeccionadas con un equipo Krautkrämer USD 10 y un palpador angular, a una velocidad del sonido de 3240 m/s y 79 db



Pulso en la probeta G1B2, junta con ranura en "V" y proceso SMAW

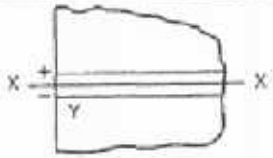
Pulso en la probeta G1A3, junta con ranura recta y proceso SAW

Fig. C.4.8 - Probetas con junta a tope, muestran un pulso de ultrasonido que indican la ausencia de discontinuidades.

C.4. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON ULTRASONIDO

Proyecto : **CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)**

Reporte: R-4	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 - 2000	**Equipo**	
Procedimiento: PR-4	Sección: 6	Marca: Kraulkramer	Modelo: USD 10
Inspector: Omar Salazar Nivel NDT: II	Material Base: Acero ASTM A-36 Espesor: 3/8" (10 mm)	**Tipo(s) de Proceso:** ☒ SAW ☒ SMAW ☐ FCAW ☐ GMAW ☐ GTAW	**Tipo(s) de Junta:** ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina
	Criterio Estructural: Cargado Estáticamente		



Ángulo del Transductor	De la Cara	Pierna	Decibeles				Discontinuidad					Evaluación Aceptado/ Rechazado	Junta Soldada
			Nivel de Indicación	Nivel de Referencia	Factor de Atenuación	Rata de Indicación	Longitud (mm)	Distancia Angular (L) (trayectoria del sonido) (mm)	Profundidad (P) desde la superficie "A" (mm)	Distancia			
			a	b	c	d (a - b - c)				De X	De Y		
70°	A	—	0	61	0	—	—	—	—	—	—	Aceptado	G1A2
70°	A	—	0	61	0	—	—	—	—	—	—	Aceptado	G1A3
70°	A	—	0	61	0	—	—	—	—	—	—	Aceptado	G1B2

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ing° Miguel Vera	D:	Nombre: Ing° Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

C.5. Procedimiento de Radiografía

1._ Objetivos

Este procedimiento tiene como objetivo principal dar los parámetros de la técnica Radiográfica para inspeccionar volumétricamente las discontinuidades en soldaduras de elementos estructurales.

2._ Alcance

El alcance de este procedimiento es para aceros al carbón desde espesores de 3/16" (4.8 mm) hasta 1" (25.4 mm) como probetas de soldaduras diseñadas con junta a tope (Butt weld) con procesos SMAW y SAW motivo de este trabajo.

3._ Referencias

3.1 Código de Soldadura Estructural ANSI/AWS D.1.1.2000
3.2 Práctica Recomendada SNT-TC-1A Edición 1996 con la adenda de 1998
3.3 ASTM E94, ASTM E142, ASTM E747 y ASTM E1032

4._ Personal

El personal que efectúa las radiografías en base al presente procedimiento estará calificado y certificado como Nivel II y/o III y tendrá al día sus certificaciones de agudeza visual (J1 ó J2) pudiendo usar lentes correctores y la aprobación del Test de Ishihara o Test de colores

5._ Equipo

En este trabajo se utilizará un equipo de Iridio 192 con una buena capacidad en su actividad de curies para obtener Radiografías Industriales de soldaduras con buena densidad fotográfica, gran sensibilidad, definición y contraste

6._ Procedimiento

Las Radiografías serán hechas utilizando una fuente de radiación Gamma (γ). La sensibilidad radiográfica será juzgada basada en la imagen del Indicador de Calidad de tipo alambre como se describe en 6.4. Identificando las letras y números claramente en las radiografías.

6.1 Requerimientos de Seguridad: la Radiografía será ejecutada de acuerdo con todos los requerimientos de seguridad aplicable.

6.2 Películas Radiográficas: las películas radiográficas serán como se describe en ASTM E94. Las pantallas de plomo serán utilizados como se describe en ASTM E94.

6.3 Técnica: La radiografías serán hechas con fuente de radiación simple PS-VS (Pared Simple - Vista Simple) centrada tan cerca como sea práctica con respecto a la longitud y ancho de la porción de la soldadura examinada (ver Fig. C.5.1).

6.3.1. Distorsión Geométrica: la distorsión geométrica de la radiografía no excederá de lo siguiente:

Material	Ug
Espesor en pulgadas (mm)	Máximo, pulgadas (mm)
Hasta 2 (50.8)	0.020 (0.51)
De 2 (50.8) hasta 3 (76.2)	0.030 (0.76)

Tabla C.5.1 - Máxima Distorsión Geométrica (Ug) de acuerdo al espesor del material

La distorsión geométrica (Ug) se define como:

$$Ug = F \times d / Do$$

Donde:

F = tamaño del punto focal
d = distancia del objeto a la película radiográfica
Do = distancia de la fuente al objeto o soldadura

Si la película está unida al objeto (ver Fig. C.5.1) significa que d = t (espesor de la soldadura, incluyendo refuerzo por ambos lados) entonces la distancia fuente – película (D) es:

$$D = Do + t$$

C.5. Procedimiento de Radiografía

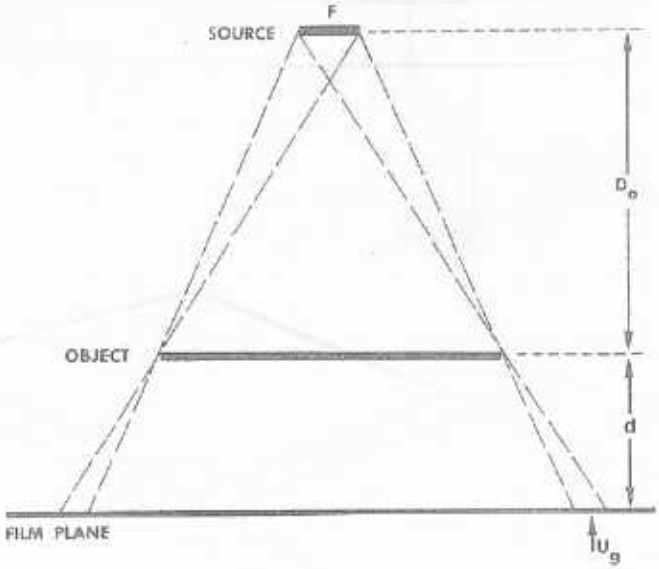


Fig. C.5.1 - Distorsión Geométrica (Ug) en la técnica de PS-VS

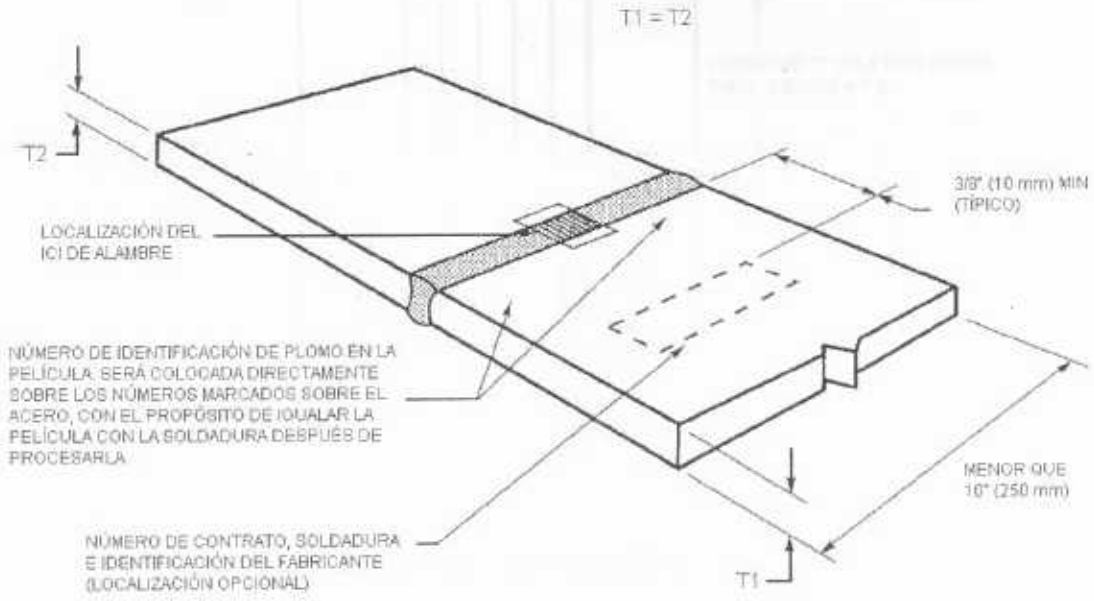
6.3.2 Distancia Fuente-Objeto: La distancia fuente objeto no será menor que la longitud total de la película que está siendo expuesta en un plano sencillo

6.3.3 Limitaciones en la distancia Fuente-Objeto: La distancia fuente-objeto no será menor que siete veces el espesor de la soldadura mas el refuerzo y el respaldo, si cualquier cantidad de la radiación de inspección penetrara cualquier porción de la soldadura representada en la radiografía a un ángulo mayor que 26½° desde una línea normal a la superficie de la soldadura.

6.4 Selección del Indicador de Calidad de Imagen (ICI) tipo alambre y Localización: El ICI de alambre será seleccionado y colocado sobre la soldadura en el área de interés como se muestran en las siguientes tablas y figura.

C.5. Procedimiento de Radiografía

ICI de alambre	Espesores iguales de T L ≥ 10 pulg. (250 mm)	Espesores iguales de T L ≤ 10 pulg. (250 mm)
Número de ICI Estructura No Tubular	2	1



T = Espesor Nominal del Metal base (T1 y T2 ver nota)
L = Longitud de la Soldadura en el área de interés de cada radiografía

Nota: tiras de respaldo de acero no será considerada parte de la soldadura o refuerzo de la soldadura el la selección del ICI

Fig. C.5.2 – Identificación de la Radiografía y ubicación del Indicador de Calidad de Imagen (ICI - tipo Alambre) sobre una junta de espesores aproximadamente iguales y longitud (L) menores de 10 pulg. (250 mm).

C.5. Procedimiento de Radiografía

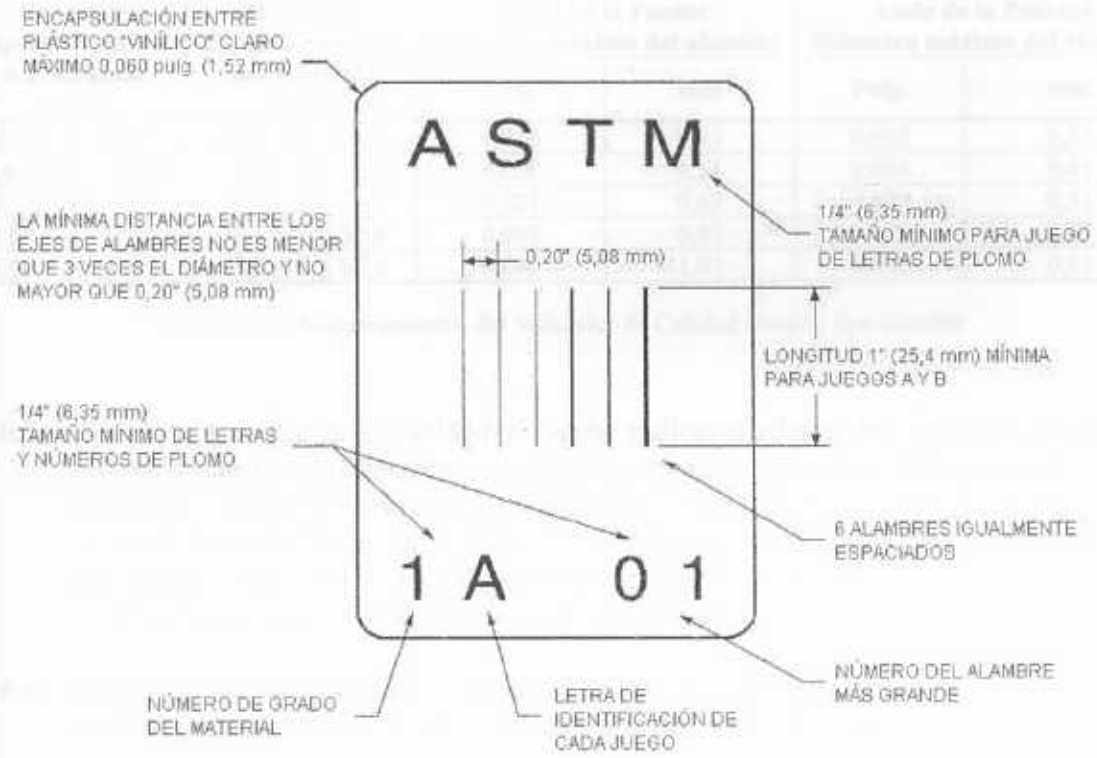


Fig. C.5.3 - Indicador de Calidad de Imagen (ICI - tipo Alambre)

Diámetro de alambre, pulg. (mm)			
Juego A	**Juego B**	**Juego C**	**Juego D**
0,0032 (0,08)	0,010 (0,25)	0,032 (0,81)	0,100 (2,50)
0,0040 (0,10)	0,013 (0,33)	0,040 (1,02)	0,125 (3,20)
0,0050 (0,13)	0,016 (0,40)	0,050 (1,27)	0,160 (4,06)
0,0063 (0,16)	0,020 (0,51)	0,063 (1,60)	0,200 (5,10)
0,0080 (0,20)	0,025 (0,64)	0,080 (2,03)	0,250 (6,40)
0,0100 (0,25)	0,032 (0,81)	0,100 (2,50)	0,320 (8,00)

Tabla C.5.2 - Tamaño de Indicadores de Calidad de Imagen (Penetrámetro de alambre). La tabla está relacionada con la Fig. C.5.3.

C.5. Procedimiento de Radiografía

Rango de Espesor Nominal del Material (pulg.)	Rango de Espesor Nominal del Material (mm)	Lado de la Fuente Diámetro máximo del alambre		Lado de la Película Diámetro máximo del alambre	
		Pulg.	mm	Pulg.	mm
$0,375 < T \leq 0,625$	$6,4 < T \leq 15,9$	0,016	0,41	0,013	0,33
$0,625 < T \leq 0,75$	$15,9 < T \leq 19,0$	0,020	0,51	0,016	0,41
$0,75 < T \leq 1,50$	$19,0 < T \leq 38,1$	0,025	0,63	0,020	0,51
$1,50 < T \leq 2,00$	$38,1 < T \leq 50,8$	0,032	0,81	0,025	0,63
$2,00 < T \leq 2,50$	$50,8 < T \leq 63,5$	0,040	1,02	0,032	0,81

Tabla C.5.3 - Requerimientos del Indicador de Calidad Imagen tipo alambre

6.5 Técnica: Las juntas de soldadura serán radiografiadas y las películas limitadas por métodos que proporcionarán inspección completa y continua de la junta dentro de los intervalos especificados a ser examinados. Los límites de las juntas se mostrarán claramente en la Radiografía. Películas cortas, Pantallas cortas, socavaciones excesivas por radiación de rebote, o cualquier otro proceso que oscurece porciones de la longitud total de la soldadura harán la radiografía inaceptable.

6.6 Longitud de la Película: la película tendrá suficiente longitud y será colocada para proporcionar al menos ½" (13 mm) más allá del borde proyectado de la soldadura.

6.7 Traslape de la película: las soldaduras más grandes que 14 pulgadas (355 mm) pueden ser radiografiadas traslapando las fundas con las películas y haciendo una exposición sencilla, o por uso de una funda con película haciendo exposiciones separadas. Las provisiones de 6.3 aplicarán.

6.8 Rebote de Fondo: para verificar el rebote de fondo, se utiliza una letra de plomo símbolo "B" de ½" (13 mm) de altura por 1/16" (1.6 mm) de espesor y será colocado e el fondo de cada funda con la película incluida. Si la imagen "B" aparece sobre la radiografía, la radiografía será considerada inaceptable.

6.9 Ancho de la Película: los anchos de la película serán suficientes para ubicar a todas las porciones de la junta de soldadura incluyendo la Zona Afectada Térmicamente y proveerá suficiente espacio adicional para la ubicación de los ICI de alambre e identificación de la película sin infringir daño al área de interés en la radiografía.

6.10 Calidad de la Radiografía: todas las radiografías estarán libres de daños mecánicos, químicos y otros con la finalidad de que no puedan enmascarar o ser confundidas con la imagen de cualquier discontinuidad en el área de interés en la radiografía. Tales daños incluyen, pero no están limitados a lo siguiente:

a) Velo
b) Defectos de proceso tales como dobladuras, marcas de agua o manchas químicas
c) Rayaduras, huellas digitales, mordeduras, suciedad, marcas estáticas.
d) Pérdida de detalles debido al pobre contacto entre la película y la pantalla
e) Indicaciones Falsas debido a pantallas defectuosas o fallas internas

6.11 Limitaciones de Densidad: la densidad de la película transmitida a través de la imagen radiográfica del ICI tipo alambre será 2.0 mínimo para radiografías hechas con fuente de Rayos γ. La densidad máxima será 4.0 para vista simple.

6.12 Densidad Radiográfica: es el grado de ennegrecimiento, expresado como:

$$D = \text{Log } Io/I$$

Donde:
D = densidad radiográfica
Io = Intensidad de la luz en la película
I = Intensidad de la luz transmitida a través de la película

6.13 Identificaciones de Marcas: una marca de identificación y dos marcas de intervalos serán colocados sobre el acero en su ubicación radiográfica. Una marca correspondiente a la identificación radiográfica y dos marcas de identificación en dos ubicaciones, las cuales se mostrarán en la radiografía, se producirán colocando números o letras de plomo; o ambos, y se proveerá un medio para identificar la radiografía revelada de la soldadura.

7._ Inspección, Reporte y Disposición de las Radiografías.

7.1 **Equipos provistos por el contraste:** El contraste proveerá un visor con iluminación variable con una revisión al azar o revisiones al 100%. El visor incorporará un medio para el ajuste del tamaño del tamaño de la película patrón bajo inspección. El visor

tendrá suficiente capacidad de iluminación apropiada para ver radiografías con una densidad de 4.0. Las revisiones de las películas serán hechas en un área o salón con iluminación muy baja.

7.2 **Reportes:** Después que una soldadura se somete a un ensayo radiográfico, todas las radiografías incluyendo las que presentan discontinuidades inaceptables que deban ser reparadas, un reporte de evaluación de ellos serán verificadas por el especialista en RT.

7.3 **Repetición de las Radiografías:** Un juego completo de radiografías de las soldaduras sujetas a este ensayo, incluye cualquier radiografía que muestre discontinuidades inaceptables que deberán ser reparadas. Serán liberadas cuando se complete el trabajo de reparación y la respectiva evaluación radiográfica que avalará la reparación. Las obligaciones del contratista de retener las radiografías cesarán.

8._ Criterio de Aceptación para Conexiones No Tubulares Cargadas Estáticamente:

8.1 **Discontinuidades:** las soldaduras que están sujetas a ensayos radiográficos en adición a la inspección visual no deberán tener grietas y será inaceptable si el ensayo radiográfico muestra cualquier discontinuidad excediendo las siguientes limitaciones (E = tamaño de la soldadura):

8.1.1 Discontinuidades alargadas que excedan el tamaño máximo de la Gráfica C.5.1

8.1.2 Discontinuidades menores a la separación mínima permisible de la Gráfica C.5.1

8.1.3 Discontinuidades redondas mayores que un tamaño máximo de E/3, no excediendo ¼" (6 mm). Sin embargo cuando el espesor es más grande que 2" (50 mm), la máxima indicación redonda puede ser de 3/8" (10 mm). El mínimo espacio de este tipo de discontinuidades mayores que o igual a 3/32" (2 mm) a una discontinuidad redonda o alargada o hacia un borde o terminal de una intersección de la soldadura será tres veces la mayor dimensión de las más larga de las discontinuidades que está siendo considerada.

8.1.4 Las discontinuidades aisladas tales como un agrupamiento de indicaciones redondas, teniendo una suma de sus mayores dimensiones excediendo el

tamaño máximo de una discontinuidad sencilla permitida en la Gráfica C.5.1. El espacio mínimo hacia otro agrupamiento o hacia una discontinuidad redonda o alargada o hacia un borde o terminal de una intersección de una soldadura será tres veces la mayor dimensión de la mayor de las discontinuidades que están siendo considerados.

8.1.5 La suma de las discontinuidades individuales teniendo cada una, una dimensión mayor de menos que 3/32" (2 mm) no excederá 2 E/3 ó 3/8" (10 mm), cualquiera que sea menor, en cualquier pulgada lineal 1" (25 mm) de soldadura. Este requerimiento es independiente de 8.1.1, 8.1.2 y 8.1.3 arriba expuesto.

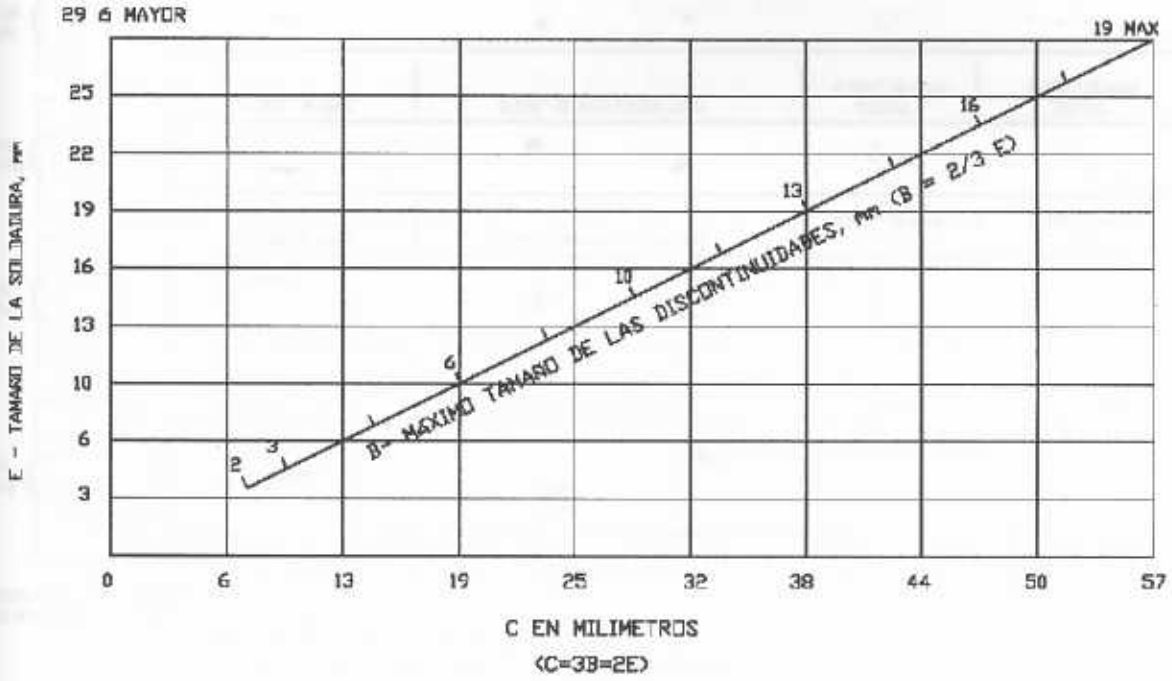
8.1.6 Discontinuidades en línea, donde la suma de las dimensiones mayores exceden E en cualquier longitud de 6E, la suma permisible de las dimensiones más grandes será proporcionalmente menos.

8.1.7 **Ilustraciones de requerimientos:** la Fig. C.5.4 ilustra la aplicación de los requerimientos dados en 8.1

C.5. Procedimiento de Radiografía

1. Para determinar el máximo tamaño de la discontinuidad permitida en cualquier junta o tamaño de soldadura, proyecte E horizontalmente a B.

2. Para determinar la mínima separación permitida entre los bordes de discontinuidades de cualquier tamaño mayor o igual que 3/32" (2mm), proyecte B verticalmente a C.



C- Mínima distancia medida a lo largo del eje longitudinal de la soldadura entre los bordes de los tipos de discontinuidades de porosidad o fusión (longitud de discontinuidades adyacentes que mandan), o para un borde o final de la intersección de la soldadura

Gráfica C.5.1 - Requerimientos en la Calidad de la Soldadura para Discontinuidades Alargadas en Estructuras No Tubulares Cargadas Estáticamente

C.5. Procedimiento de Radiografía

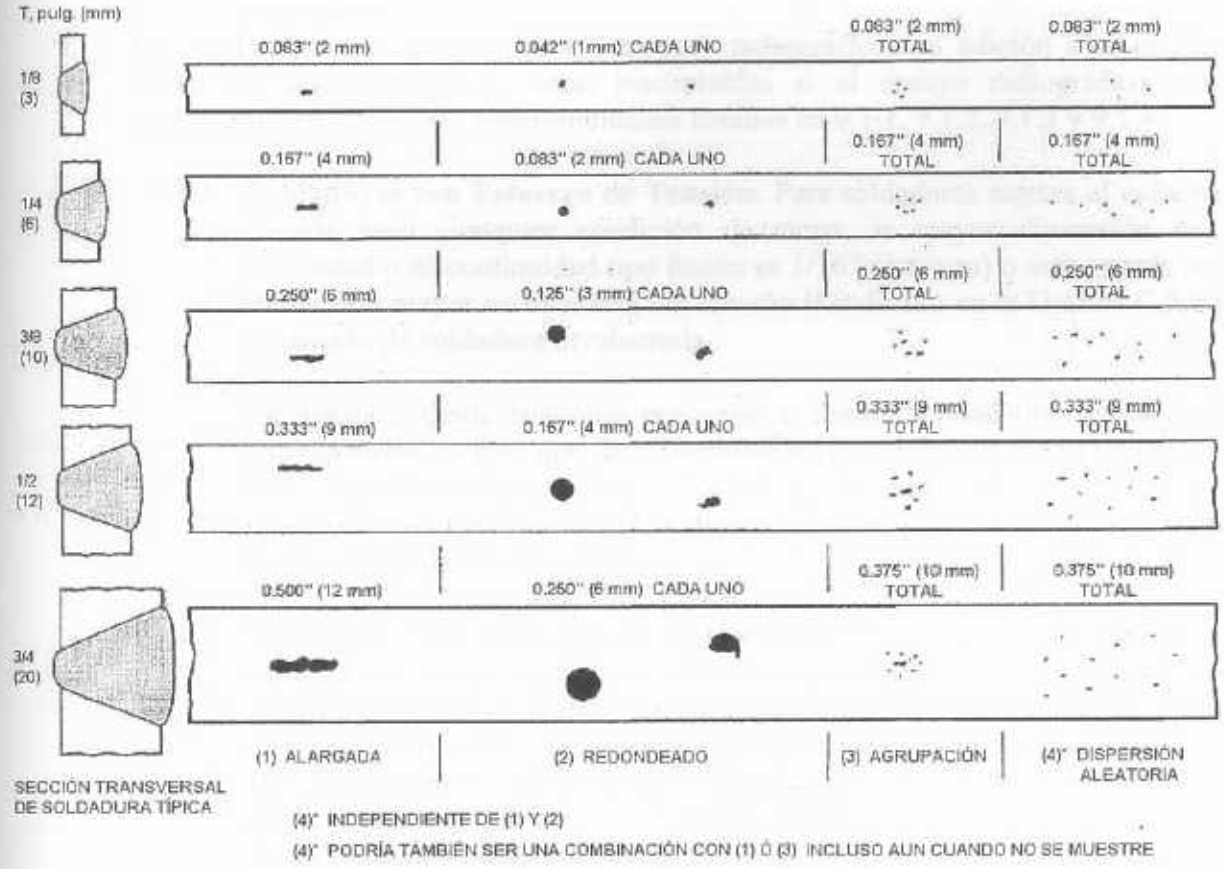


Fig. C.5.4 - Máxima aceptación de las Imágenes Radiográficas

Nota: En el trabajo de investigación, la sección correspondiente a 3/8 pulg. (10 mm) es la que se utilizó para el estudio de los defectos en las radiografías de las probetas.

9._ Criterios de Aceptación para Conexiones No Tubulares Cargadas Cíclicamente

9.1 Las soldaduras que están sujetas a ensayos radiográficos en adición a la inspección visual no tendrá grietas y serán inaceptables si el ensayo radiográfico muestra cualquiera de los tipos de discontinuidades listados en 9.1.1, 9.1.2, 9.1.3 y 9.1.4

9.1.1 **Soldaduras con Esfuerzo de Tensión:** Para soldaduras sujetas al esfuerzo de tensión bajo cualquier condición de carga, la mayor dimensión de una porosidad o discontinuidad tipo fusión es 1/16" (1.6 mm) o más grande en una dimensión mayor no excederá del tamaño B indicado en la Gráfica C.5.2 para el tamaño de soldadura involucrada.

La distancia desde cualquier porosidad o discontinuidad tipo fusión descrita anteriormente en otro tipo de discontinuidad o a un borde, o en la pierna o raíz de cualquier intersección de la soldadura Ala-Alma no será menos que el mínimo espacio permitido en C indicado en la Gráfica C.5.2, para el tamaño de la discontinuidad bajo inspección.

9.1.2 **Soldaduras con Esfuerzo de Compresión:** para soldaduras solamente con esfuerzos de compresión y específicamente indicadas en los planos de diseño, las dimensiones más grandes de porosidad o una discontinuidad tipo fusión es 1/8" (3.2 mm) o más grande en dimensiones mayores no excederá del tamaño, B, ningún espacio entre las discontinuidades adyacentes será menor que el mínimo espacio permitido, C, indicada por la Gráfica C.5.3 para el tamaño de la discontinuidad bajo inspección

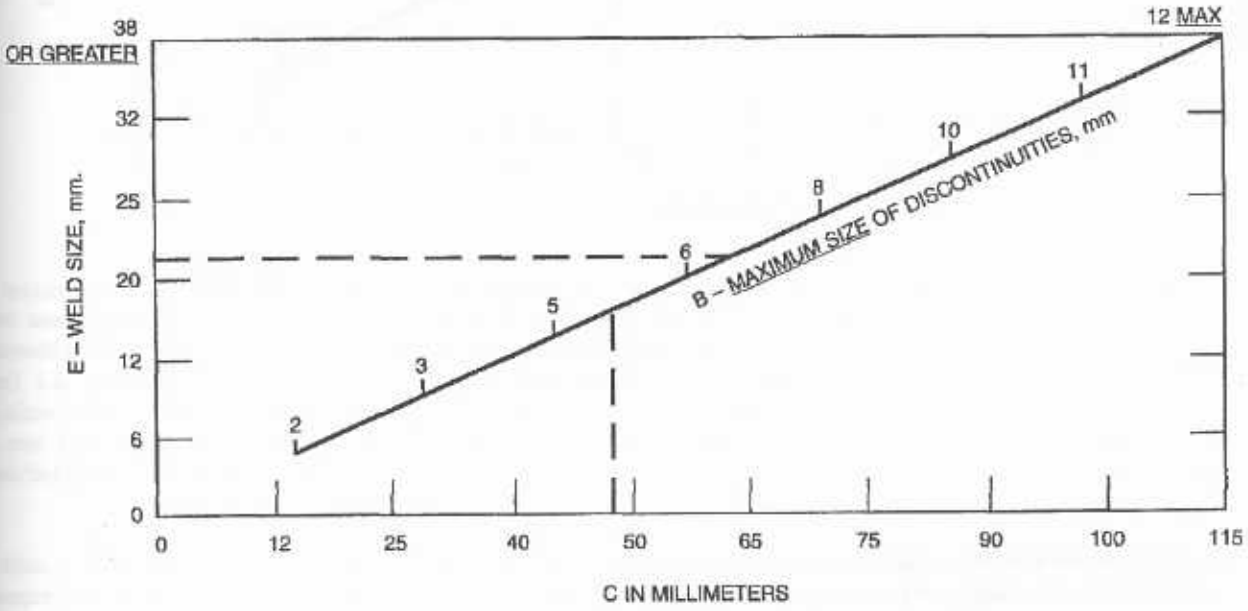
9.1.3 **Discontinuidades menores que 1/16" (1.6 mm):** Independientes de los requerimientos de 9.1.1 y 9.1.2 las discontinuidades teniendo una dimensión más grande de menos de 1/16" (1.6 mm) serán inaceptables si la suma de sus dimensiones más grandes excedan 3/8" (10 mm) en cualquier pulgada lineal de soldadura

9.1.4 **Limitaciones:** las limitaciones dadas por las Gráfica C.5.2 y Gráfica C.5.3 para tamaños de soldadura de 1½" (38 mm) aplicará a todos los tamaños mayores que espesores de 1½" (38 mm).

9.1.5 **Ilustraciones de requerimientos:** la Fig. C.5.5 ilustra la aplicación de los requerimientos dados en 9.1.1

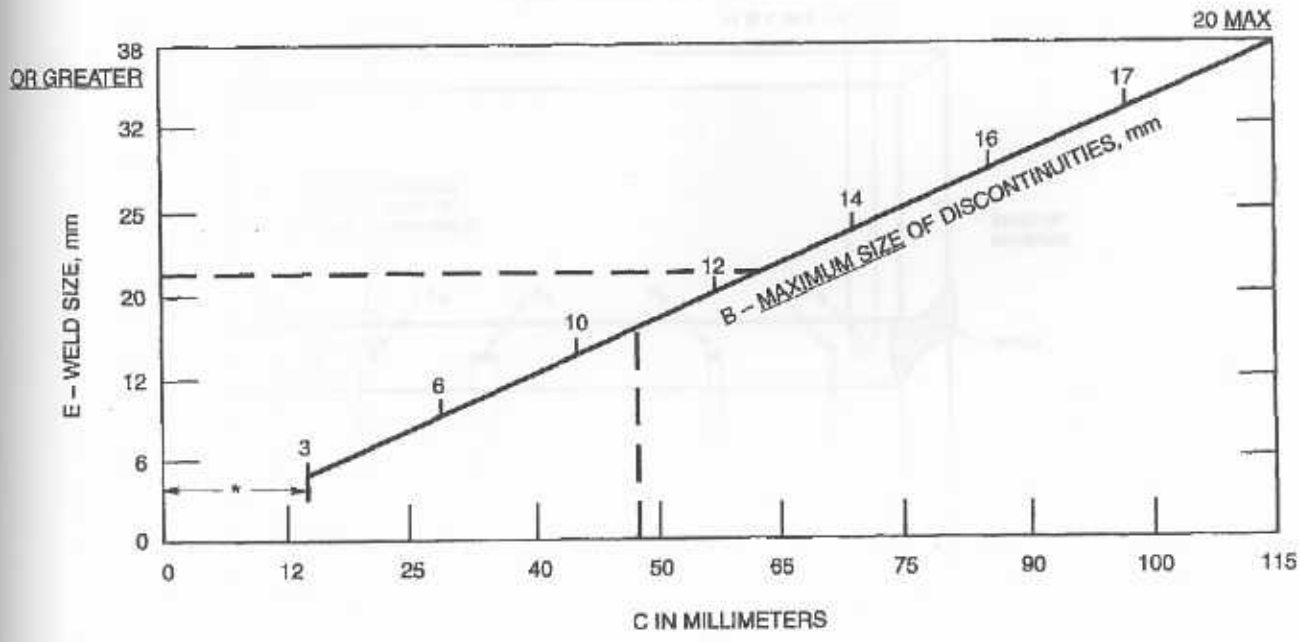
1. Para determinar el máximo tamaño de la discontinuidad permitida en cualquier junta o tamaño de soldadura, proyecte E horizontalmente a B.

2. Para determinar la mínima separación permitida entre los bordes de discontinuidades de cualquier tamaño, proyecte B verticalmente a C.



Gráfica C.5.2 - Requerimientos en la Calidad de la Soldadura para Discontinuidades que ocurren en Soldaduras a Tensión en Estructuras No Tubulares Cargadas Cíclicamente (limitaciones en discontinuidades de porosidad y fusión).

C.5. Procedimiento de Radiografía



El máximo tamaño de una discontinuidad localizada dentro de esta distancia de un borde de la plancha será 1/8" (3 mm), pero una discontinuidad de un 1/8" (3 mm) deberá ser 1/4" (6 mm) cuando están más allá del borde. La suma de discontinuidades menores que 1/8" (3 mm) de tamaño y localizado dentro de la distancia del borde, no excederá 3/16" (5 mm). Las discontinuidades de 1/16" (2 mm) o menores de 1/8" (3 mm) no serán confinadas o limitadas en otras localizaciones a menos que ellas estén separadas por menos de 2L (siendo L la longitud de la discontinuidad más grande); en este caso las discontinuidades serán medidas como una longitud igual a la longitud total de las discontinuidades espaciadas y evaluadas como se muestran en la Gráfica C.5.3

Gráfica C.5.3 - Requerimientos en la Calidad de la Soldadura para Discontinuidades que ocurren en Soldaduras a Compresión en Estructuras No Tubulares Cargadas Cíclicamente (limitaciones en porosidad o discontinuidades tipo fusión).

C.5. Procedimiento de Radiografía

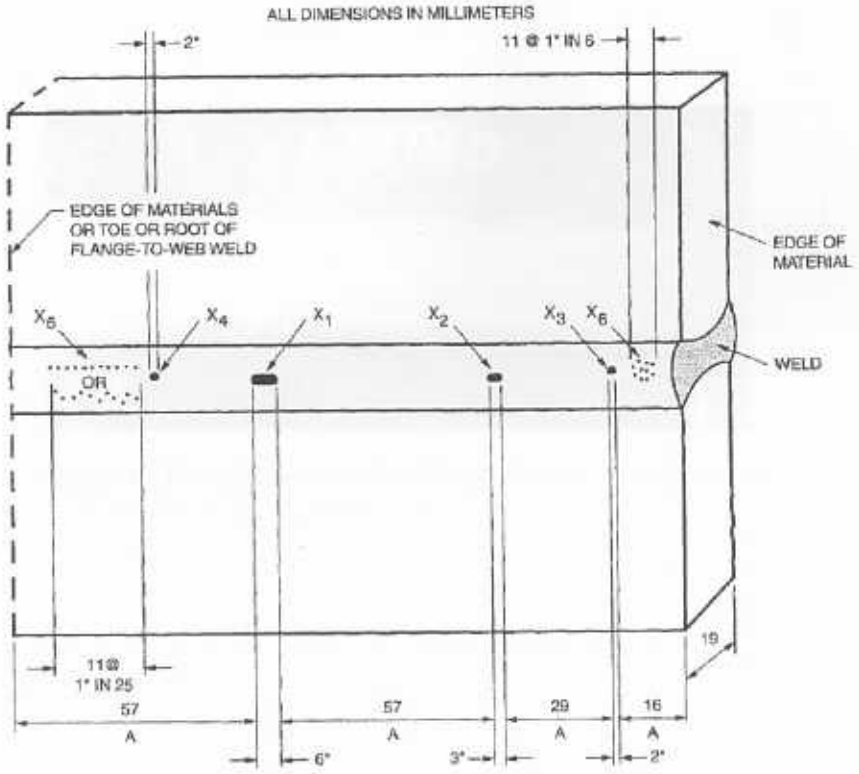


Fig. C.5.5 - Requerimientos en la Calidad de la Soldadura para Juntas a Tensión en Estructuras Cargadas Cíclicamente

Notas:

1. A: mínima separación admitida entre los borde de una porosidad o discontinuidad tipo fusión de 2 mm o mayor. Manda la mayor de las discontinuidades adyacentes.
2. X1: Mayor porosidad o discontinuidad tipo fusión admisible para espesores de junta de 20 mm (ver Gráfica C.5.2)
3. X2, X3 y X4: porosidad o discontinuidad tipo fusión de 2 mm o mayor, pero menos que el máximo permisible para espesores de junta de 20 mm.
4. X5 y X6: porosidad o discontinuidad tipo fusión menor de 2 mm

Interpretación: porosidad o discontinuidad tipo fusión X4 no es aceptable porque está dentro de la mínima separación admisible entre los bordes de tales discontinuidades (ver 9.1.1 y Gráfica C.5.2)

10._ Anexos

Reporte de Inspección de Soldaduras con Radiografía

La figura C.5.6 muestra la radiografía de una junta a tope donde no se aprecian discontinuidades. El color blanco puede indicar además un exceso de refuerzo de soldadura que atenúa la radiación emitida por el radioisotopo de Iridio 192

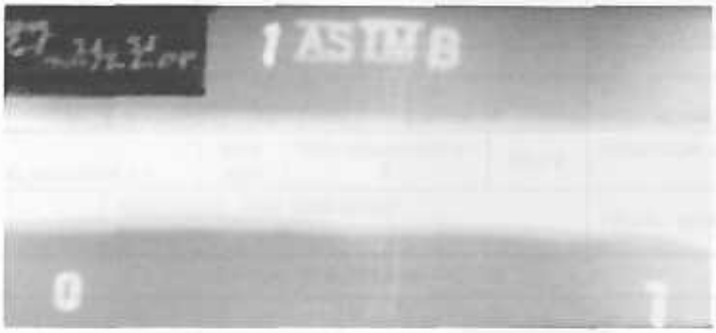


Fig. C.5.6 - Presencia de exceso de refuerzo de soldadura en la probeta G1A3 con Proceso SAW y ranura recta.

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.5. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON RADIOGRAFÍA
	PROYECTO: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Espesor: 3/8" (10 mm)	Plano Nº: N/A

LOCALIZACION	FUENTE					
TALLER ☒ CAMPO ☐	ISOTOPO: IRIDIO192	TIEMPO DE EXPOSICION: 3 min	ACTIVIDAD (CURIES): 14	TAMAÑO PUNTO FOCAL: 4,0 mm	DISTORSIÓN GEOMÉTRICA (Ug): 0,13 mm	DISTANCIA FUENTE-PELÍCULA: 516 mm

TECNICA			PENETRAMETRO		PELICULA	
PS-VS ☒	PD-VS ☐	PD-VD ☐	TIPO: ALAMBRE ☒ AGUJERO ☐	Nº: ASTM 1B	MARCA: KODAK	TIPO: AA 440

NORMA DE INTERPRETACIÓN: CODIGO DE ACERO STRUCTURAL ANSI/AWS 1.1	AÑO 2000	PROCEDIMIENTO Nº: 5	REV: 0	SOLDADOR: ANTONIO REGIO
INTERPRETE: MIGUEL VERA NIVEL END: III	RADIOLOGO: JOSÉ CONCALVEZ NIVEL: II			FECHA: 16/06/04

DATOS DE INTERPRETACIÓN

SOLDAURA	IDENTIFICACIÓN DE SOLDADURA	PROCESO DE SOLDADURA	DENSIDAD	DISCONTINUIDAD			EVALUACIÓN	
				TIPO	TAMAÑO	UBICACIÓN	ACEPTADO / RECHAZADO	REPETIR Si / No
0-1	G1A2	SAW	2,55	N	N/A	N/A	ACEPTADO	No
0-1	G1B2	SMAW	2,60	N	N/A	N/A	ACEPTADO	No
0-1	G1A3	SAW	2,10	N	N/A	N/A	ACEPTADO	No

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

LEYENDA

PS-VS: PARED SIMPLE-VISTA SIMPLE
PD-VS: PARED DOBLE-VISTA SIMPLE
PD-VD: PARED DOBLE-VISTA DOBLE

UBICACIÓN DE LA DISCONTINUIDAD
PR: PASE DE RAIZ
RE: RELLENO
RM: REMATE

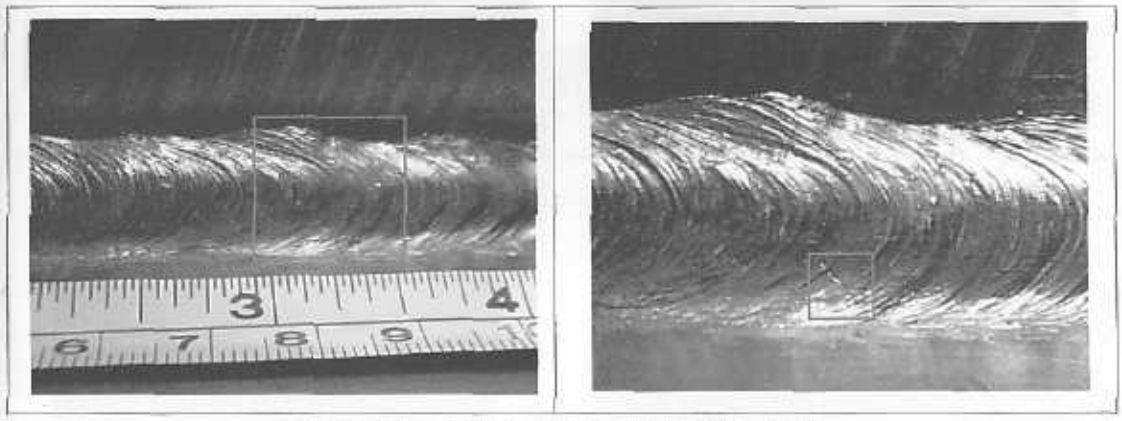
G: GRIETA
P: POROSIDAD
E: ESCORIA
EP: EXCESO DE PENETRACIÓN
S: SOCAVACIÓN

CI: CONCAVIDAD INTERNA
FR: FALTA DE RAIZ
D: DESALINEAMIENTO
FF: FALTA DE FUSIÓN
FP: FALTA DE PENETRACIÓN
N/A: NO APLICA; N: NINGUNA

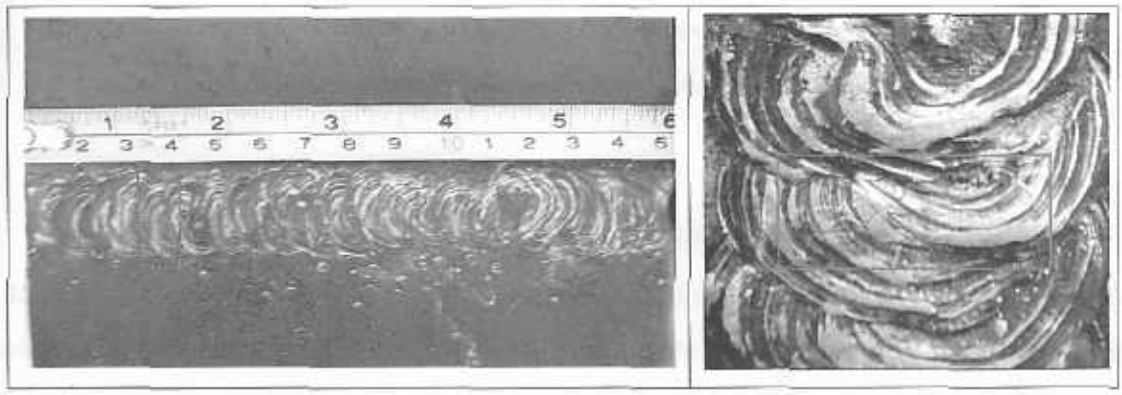
Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D	Nombre: Ingº Miguel Vera	D	Nombre: Ingº Miguel Vera	D
Firma	M	Firma	M	Firma	M
	A	Nivel III NDT	A	Nivel III NDT	A

C.6. Ensayos No Destructivos Superficiales en Probetas con Defectos

La detección de grietas finas y pequeñas se hace muy complicado al ojo desnudo sobre todo cuando las superficie de la soldadura es rugosa e irregular conteniendo muchos valles que mimetizan las grietas y socavaciones, como el caso del Proceso con Arco Metálico Protegido (SMAW).



Probeta D1- Junta en "T" con soldadura de filete



probeta D3 - junta a tope

Fig. C.6.1 - Detección de grietas finas y pequeñas con ayuda de un lente de aumento. El rectángulo rojo indica el área de estudio y la localización de las grietas en la ampliación.

Las probetas D1, D2 y D3 fueron inducidas a discontinuidades durante el proceso de soldadura, mediante la aplicación de cobre en cada una de las juntas, con la finalidad de evaluarlas con los diferentes Ensayos No Destructivos y aplicar los criterios de aceptación y rechazo correspondientes a la tabla C.0.5 de acuerdo a las discontinuidades presente.

En la figura C.6.2 se muestra la sensibilidad de cada método en la determinación de defectos superficiales.

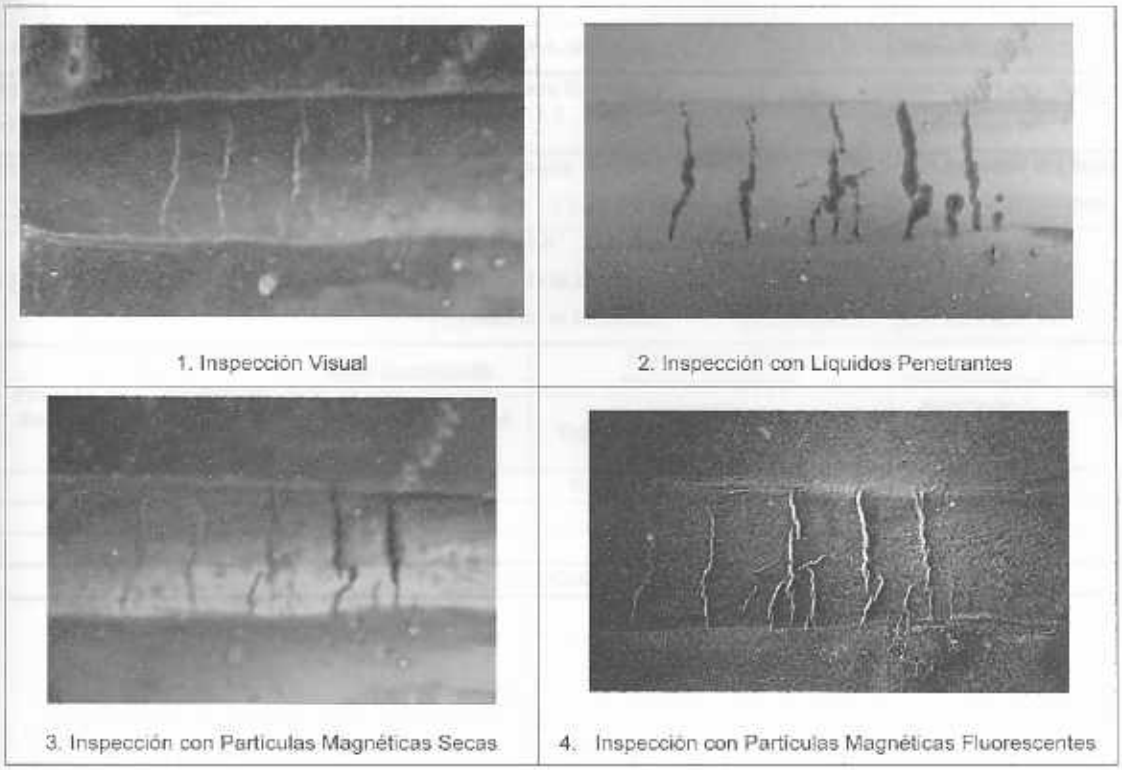


Fig. C.6.2 - Probeta D2 con Proceso SAW examinada con diferentes Ensayos No Destructivos Superficiales

Las grietas transversales generadas son muy visibles debido a lo liso de su superficie, con lo cual la Inspección Visual es suficiente de acuerdo al Código AWS D1.1 para rechazar la soldadura. Sin embargo las grietas finas difícilmente se detectan con Inspección Visual, debido a la presencia de oxido en la soldadura. La Inspección con Partículas Magnéticas Fluorescentes resalta más las grietas finas que el método Partículas Secas o el de Líquidos Penetrantes en cuanto a la cantidad presente y su tamaño real, además no presenta falsas indicaciones cuando no hay una remoción adecuada del exceso de sangrado del penetrante.

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.6. - REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURAS	Documento: R-1
	Proyecto: CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

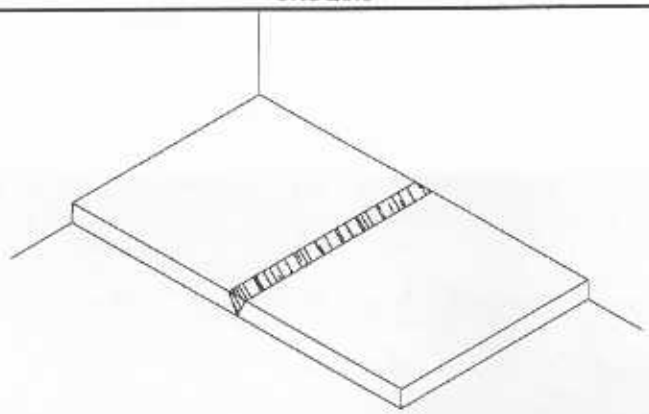
Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Soldador: Antonio Regio Procedimiento Nº: 1

Localización	Tipo de Junta	Espesor del Material
☒ Taller ☐ Campo	☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde	3/8" (10 mm)

Dirección de la soldadura	Inspección	Galga(s) utilizada(s)
Longitudinal ☐ Transversal ☒ Circunferencial ☐	☒ Cara de la soldadura ☐ Raiz de la soldadura	☐ Universal ☐ V-WAC ☐ AC-BFW ☐ Para Filete

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad / Perfil Inaceptable			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (cantidad)	Ubicación		
D2	SAW	Ranura en V	Específica	150	G	N/A	CS	Rechazado	Si

CROQUIS



D2 Posición 1G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES

No fue necesario emplear galgas para aplicar los criterios de aceptación y rechazo. La probeta fue rechazada por contener grietas en la cara del cordón de soldadura.

Remover el área de la soldadura agrietada y volver a soldar

LEYENDA:

Discontinuidad Tipo: ES = Escoria G = Grieta S = Socavación P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

Perfil Inaceptable: CE = Convexidad Excesiva GI = Garganta Insuficiente PI = Pierna insuficiente S = Solape D = Desalineamiento

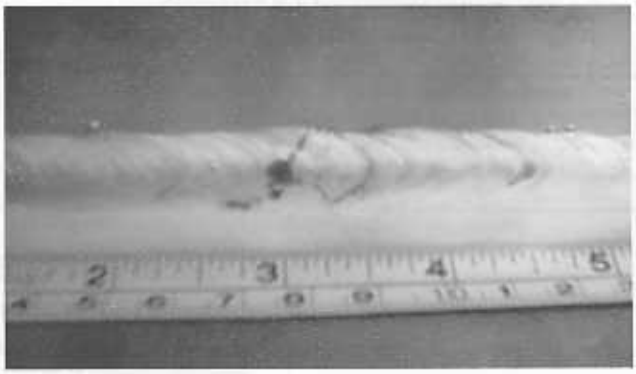
Discontinuidad Ubicación: MB = Metal Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raiz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

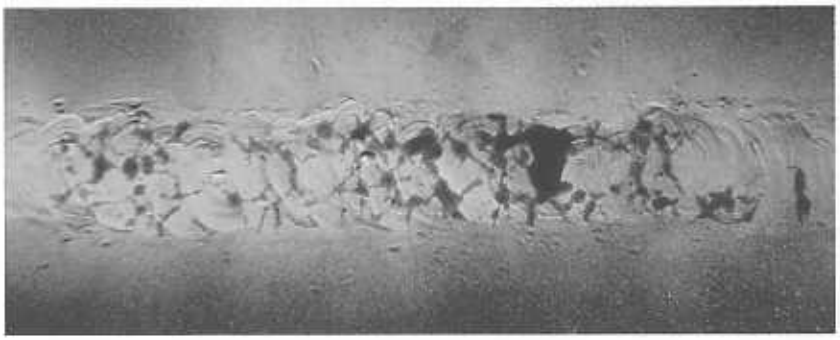
UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.6. Reporte de Inspección con Líquidos Penetrantes

Documento: R-2



Grietas en una soldadura de filete, Probeta D1.



Grietas en una junta a tope, Probeta D3

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.6. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES	Documento: R-2
	Proyecto: **CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)**	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 2	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si / No
			Entera / Especifica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (Cantidad)	Ubicación		
D1	SMAW	Filete	Entera	300	G	N/A	N/A	Rechazado	Si

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Visible ☐ Fluorescente
☐ Penetrante Lavable con agua
☐ Penetrante Posemulsificante
☒ Penetrante Removible con Solvente

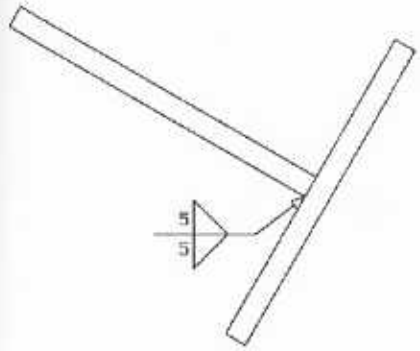
TIPO DE REVELADOR
☒ En suspensión no acuosa
☐ En polvo seco
☐ En suspensión acuosa

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: --- **S.No:** ---

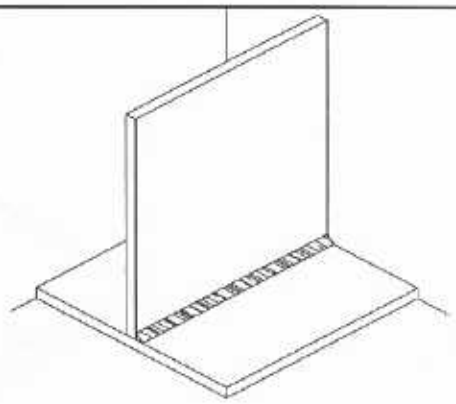
LAMPARA DE LUZ UV
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
--- Watt/cm²

Penetrante	Revelador	Limpiador	POST-EXAMINACIÓN
Marca: MAGNAFLUX **Tipo:** SKL-SP1 **Lote:** 03M12K 04125 Tiempo de Penetración: 10 min	**Marca:** MAGNAFLUX **Tipo:** SKD-S2 **Lote:** 03K06K 06966 Tiempo de Revelado: 5 min	**Marca:** MAGNAFLUX **Tipo:** SKC-S **Lote:** 03K14K 09427	**Limpieza:** Solvente **Método de Marcado:** ---

CROQUIS



D1 posición del soldador 1F



D1 posición de inspección 2F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES
La probeta D1 se soldó en posición 1F aplicando cobre en la junta para inducirle discontinuidades, pero se inspeccionó en posición 2F
Remover el área de la soldadura agrietada y volver a soldar

LEYENDA Tipo de Discontinuidad: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.6. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES	Documento: R-2
	Proyecto: **CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)**	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 2	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si / No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño (Cantidad)	Ubicación		
D3	SMAW	Ranura en V	Específica	150	G	N/A	CS	Rechazado	Si

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☐ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☐ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Visible ☐ Fluorescente
☐ Penetrante Lavable con agua
☐ Penetrante Posemulsificante
☒ Penetrante Removible con Solvente

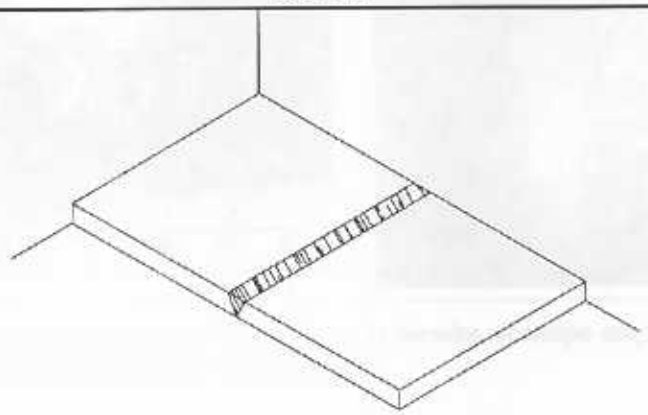
TIPO DE REVELADOR
☒ En suspensión no acuosa
☐ En polvo seco
☐ En suspensión acuosa

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: --- **S.No:** ---

LAMPARA DE LUZ UV
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
--- Watt/cm²

Penetrante	Revelador	Limpiador	POST-EXAMINACIÓN
Marca: MAGNAFLUX Tipo: SKL-SP1 **Lote:** 03M12K 04125 Tiempo de Penetración: 10 min	**Marca:** MAGNAFLUX **Tipo:** SKD-S2 **Lote:** 03K06K 06966 Tiempo de Revelado: 5 min	**Marca:** MAGNAFLUX **Tipo:** SKC-S **Lote:** 03K14K 09427	**Limpieza:** Solvente **Método de Marcado:** ---

CROQUIS



D3 posición 1G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES
Remover el área de la soldadura agrietada y volver a soldar

LEYENDA Tipo de Discontinuidad: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna

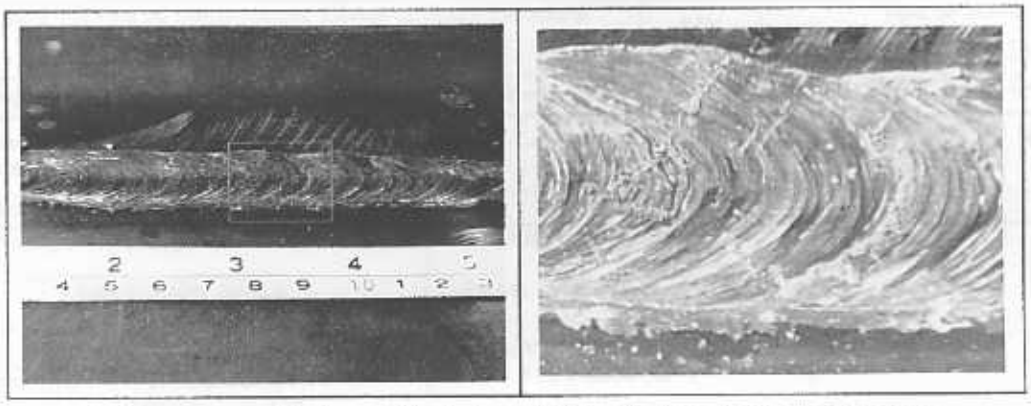
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

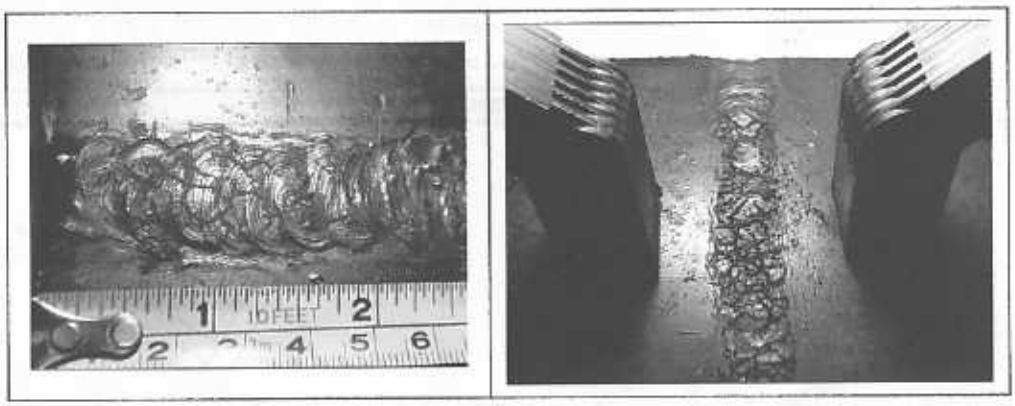
UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.6. Reporte de Inspección con Partículas Magnéticas

Documento: R-3A



Grietas en una soldadura de filete, Probeta D1. A la derecha, imagen ampliada



Grietas en una junta a tope, Probeta D3. A la derecha, el campo magnético generado por el yugo es perpendicular a la soldadura

Inspección con Partículas Magnéticas Secas revela las grietas en las Probeta D1 y D3, ambas con Proceso de soldadura de Arco Metálico Protegido (SMAW)

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ingº Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.6. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3A
	Proyecto : **CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)**	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
D1	SMAW	Filete	Entera	300	G	N/A	CS	Rechazado	Si

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☐ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo

Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ

S.No: PT Nº 517750

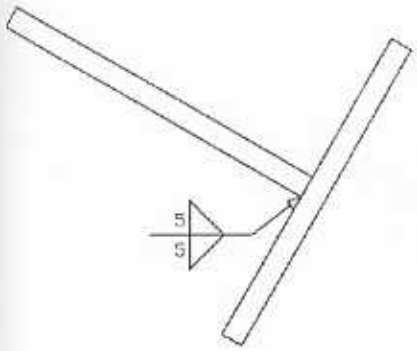
LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
_____ mWatt/cm²

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: 8A Red
Color: roja
Lote:

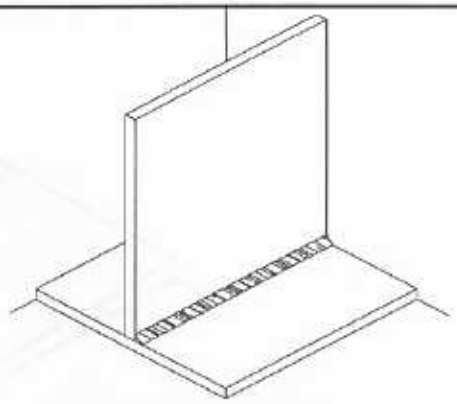
MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



D1 posición del soldador 1F



D1 posición de inspección 2F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES
La probeta D1 se soldó en posición 1F aplicando cobre en la junta para inducirle discontinuidades, pero se inspeccionó en posición 2F
Remover el área de la soldadura agrietada y volver a soldar

LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.6. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3A
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	Tipo de Junta: ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
D3	SMAW	Ranura en V	Específica	150	G	N/A	CS	Rechazado	Si

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☒ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☐ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: 8A Red
Color: roja
Lote:

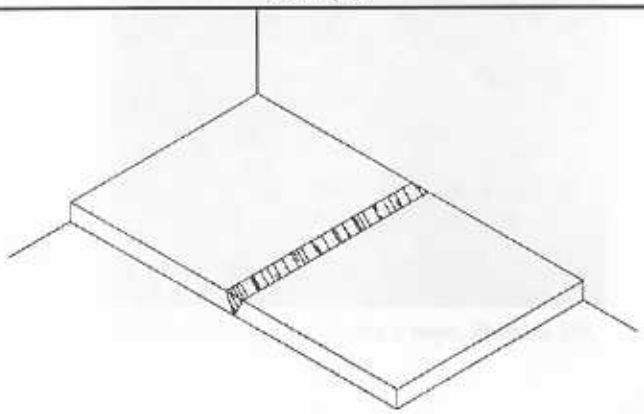
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---

LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: ---
Modelo: ---
S.No: ---
Intensidad Luz :
_____ mWatt/cm²

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



D3 Posición 1G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES
Remover el área de la soldadura agrietada y volver a soldar

LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB
Universidad Católica
Andrés Bello

C.6. Reporte de Inspección con Partículas Magnéticas

Documento: R-3B

Grietas en una soldadura de filete, Probeta D1.

Grietas finas en una junta a tope, Probeta D3.

Inspección con Partículas Magnéticas Húmedas Fluorescentes revela las grietas en las Probeta D1 y D3, ambas con Proceso de soldadura de Arco Metálico Protegido (SMAW)

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Nombre/Cargo: Marco Vera	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:	Nombre/Cargo: Ing° Miguel Vera / Nivel III NDT	D:
	M:		M:		M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.6. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3B
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☐ A Tope ☒ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
D1	SMAW	Filete	Entera	300	G	N/A	CS	Rechazado	Si

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☐ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☒ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: : 14AM
Color: ---
Lote: : 01F03K / 00755

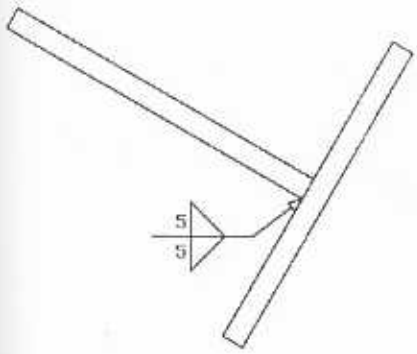
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: TIEDE
Modelo: 220 V 100 watt 50/60 HZ
S.No: ---
Intensidad Luz : 4250 mWatt/cm²

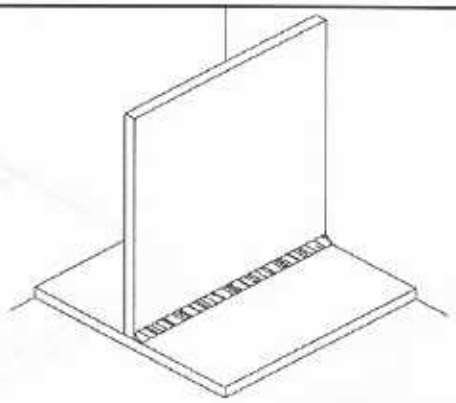
MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: Black Ray
Modelo: J-221
S.No: ---

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



D1 posición del soldador 1F



D1 posición de inspección 2F

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES

La probeta D1 se soldó en posición 1F aplicando cobre en la junta para inducirle discontinuidades, pero se inspeccionó en posición 2F
Remover el área de la soldadura agrietada y volver a soldar

LEYENDA:

Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.6. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Documento: R-3B
	Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)	

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Plano Nº: N/A

Inspector: Ingº Juan Vera Nivel NDT: II	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 Sección: 6	Año: 2000	**Tipo de Junta:** ☒ A Tope ☐ En T ☐ En esquina ☐ De Traslape ☐ De Borde
Soldador: Antonio Regio	Procedimiento Nº: 3	Espesor del Material: 3/8" (10 mm)	

Junta Soldada	Proceso de Soldadura	Soldadura aplicada	Área Examinada		Discontinuidad			Interpretación Aceptado / Rechazado	Reparación Si/No
			Entera / Específica	Longitud (mm)	Tipo	Diámetro / Tamaño	Ubicación		
D3	SMAW	Ranura en V	Específica	150	G	N/A	CS	Rechazado	Si

PRE-EXAMINACIÓN: Inspección Visual

LOCALIZACIÓN
☒ Taller ☐ Campo

INSPECCIÓN JUNTA
☒ Cara ☐ Raíz ☐ Raíz del 1er Pase

MÉTODO DE INSPECCIÓN
☐ Seco Visible
☐ Húmedo Visible
☒ Húmedo Fluorescente

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN
☐ Residual ☒ Continúa

TIPO DE CORRIENTE
☒ AC ☐ DC ☐ HWCD

DIRECCIÓN DEL CAMPO
☐ Circular ☒ Longitudinal

PARTICULAS
Marca: MAGNAFLUX
Tipo: : 14AM
Color: ---
Lote: : 01F03K / 00755

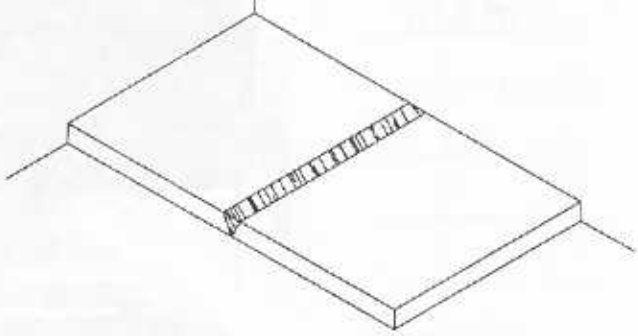
EQUIPO DE INSPECCIÓN
☐ Puntas ☐ Pinzas ☒ Yugo
Modelo: Y7 AC/DC 115 V 50/60 HZ
S.No: PT Nº 517750

MEDIDOR DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: Black Ray
Modelo: J-221
S.No: ---

LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA
Marca: TIEDE
Modelo: 220 V 100 watt 50/60 HZ
S.No: ---
Intensidad Luz : 4250 mWatt/cm²

POST-EXAMINACIÓN
Limpieza: ---
Método de Marcado: ---

CROQUIS



D3 Posición 1G

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES
Remover el área de la soldadura agrietada y volver a soldar

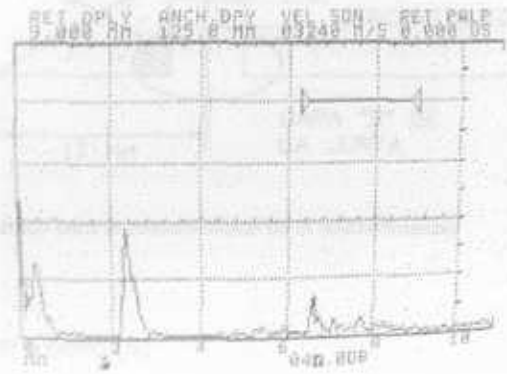
LEYENDA:
Discontinuidad tipo: ES = Escoria G = Grieta P = Porosidad PA = Porosidad Agrupada N = Ninguna
Discontinuidad Ubicación: MB = Material Base IS = Interfase de la Soldadura CS = Cara de la Soldadura
RS = Raíz de la Soldadura N/A = No Aplica

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

C.7. Ensayos No Destructivos Volumétricos de Ultrasonido y Radiografía en Probetas con Defectos

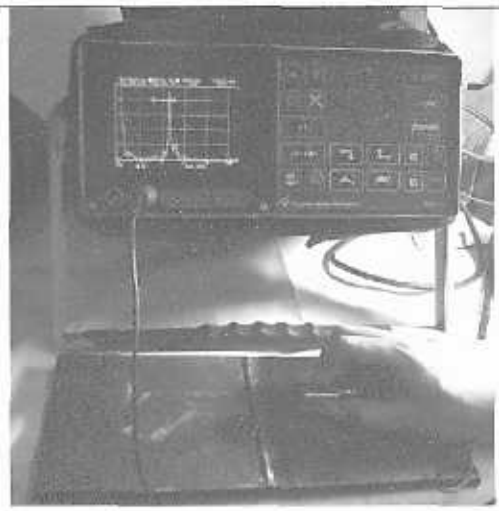
Ensayo de Ultrasonido

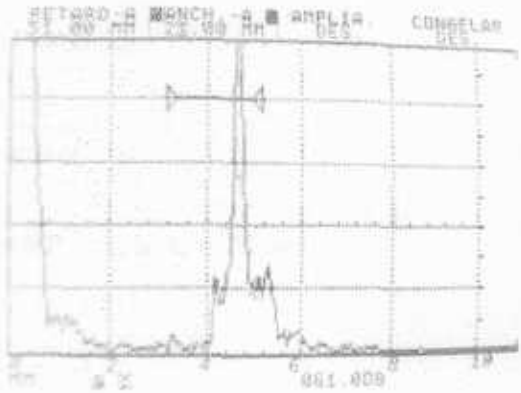
Patrón de calibración V1 (bloque IIW)



Nivel de referencia "b" a un 40 % de calibración de la pantalla (b = 47 db)

Fig. C.7.1 – Calibración de la sensibilidad en un equipo Krautkrämer USD 10





Pulso de ultrasonido a 61 db, incluyendo los 14 db de la tabla C.4.3, Nivel de Inspección del procedimiento

Fig. C.7.2 – Determinación de la discontinuidad (falta de penetración) en la probeta G1B3 con ranura recta y *proceso SMAW*

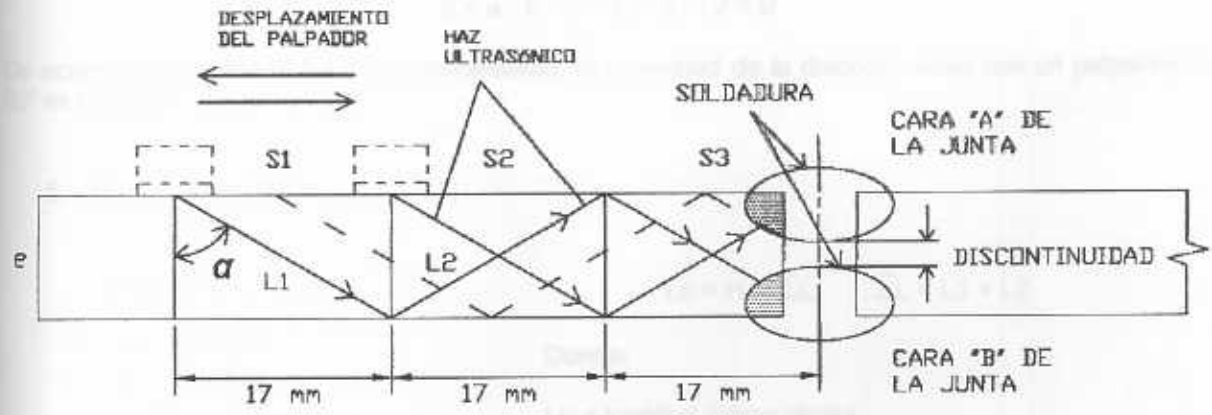


Fig. C.7.3 - Esquema del recorrido del haz ultrasónico para la determinación de la discontinuidad

1. Determinación del desplazamiento horizontal o Salto (S)

$S = e^{*}Tan\alpha$ Donde:

e = espesor de la plancha
α = ángulo del palpador

Para e = 10 mm y α = 60° ⟶ S = 17,3 mm ≈ 17 mm

2. Determinación de la trayectoria del sonido o Pierna (L)

$$L = \frac{e}{\cos\alpha}$$

Para e = 10 mm y α = 60° ⟶ L = 20 mm

3. Factor de Atenuación "c":

$c = 2^{*}(H - 1)$ H = longitud total de la trayectoria del sonido (medida en pantalla)

(Pantalla Fig. 11.7.2) Para un H = 57 mm = 2,24 pulg → $c = 2^{*}(2{,}24 - 1) = 2{,}49 \approx 2$

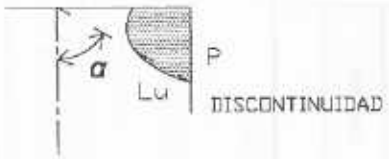
4. Rata de Indicación "d"

Para un nivel de indicación a = 49 db y un nivel de referencia b = 47 db

$$d = a - b - c = 49 - 47 - 2 = 0$$

De acuerdo a la tabla C.4.4 del procedimiento, la severidad de la discontinuidad con un palpador de 60° es clase "A"

5. Profundidad (P)



$$Lu = H - \Sigma L; \qquad \Sigma L = L1 + L2$$

Donde:

Lu = longitud última pierna

ΣL = Suma e todas la piernas menos la última (1ra y 2da pierna para este caso)

$$P = Lu * \cos\alpha$$

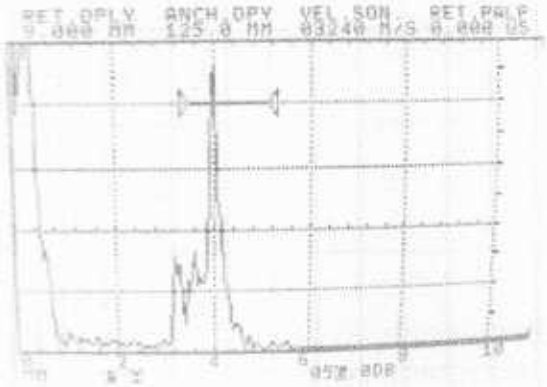


Fig. C.7.4 – Trayectoria Total del sonido (H)

(Pantalla Fig. C.7.4) Para un H = 50 mm → Lu = 10 mm

P = 5 mm (desde la cara "A" de la junta)

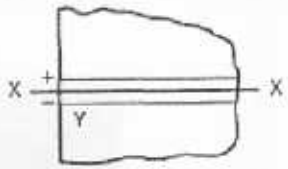
Para Lu = 16 mm → P = 8 mm

P = e – 8 = 2 mm (desde la cara "B" de la junta)

C.7. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON ULTRASONIDO

Proyecto : CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

Reporte: R-4	Norma de Interpretación: Código de Acero Estructural ANSI/AWS D.1.1 - 2000	Equipo	
Procedimiento: PR-4	Sección: 6	Marca: Krautkrämer	Modelo: USD 10
Inspector: Ingº Juan Vera	Material Base: Acero ASTM A-36	Tipo(s) de Proceso:	Tipo(s) de Junta:
Nivel NDT: II	Espesor: 3/8" (10 mm)	☐ SAW ☒ SMAW ☐ FCAW	☒ A Tope ☐ En T
	Criterio Estructural: Cargado Estáticamente	☐ GMAW ☐ GTAW	☐ En esquina



Ángulo del Transductor	De la Cara	Pierna	Decibeles				Discontinuidad					Evaluación Aceptado/ Rechazado	Junta Soldada
			Nivel de Indicación	Nivel de Referencia	Factor de Atenuación	Rata de Indicación	Longitud (mm)	Distancia Angular (trayectoria del sonido) (mm)	Profundidad (P) desde la superficie "A" (mm)	Distancia			
			a	b	c	d (a - b - c)				De X	De Y		
60º	A	1	49	47	2	0	150	50	5	0	0	Rechazado	G1B3

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES:

1.) Carbonear (backgouge) o esmerilar hasta eliminar la falta de penetración. Una vez hecha aplicar líquidos penetrantes y rellenar con SMAW (E-7018)

2.) Aplicar ultrasonido nuevamente

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Nivel III NDT	A:	Firma Nivel III NDT	A:

Los actuales equipos representan el valor de la profundidad directamente en pantalla como se muestra con el equipo Panametric Modelo EPOCH III en la Fig. C.7.5

Fig. C.7.5 – Equipo de ultrasonido EPOCH III con su bloque de calibración V1 y la probeta G1B3 con proceso SMAW

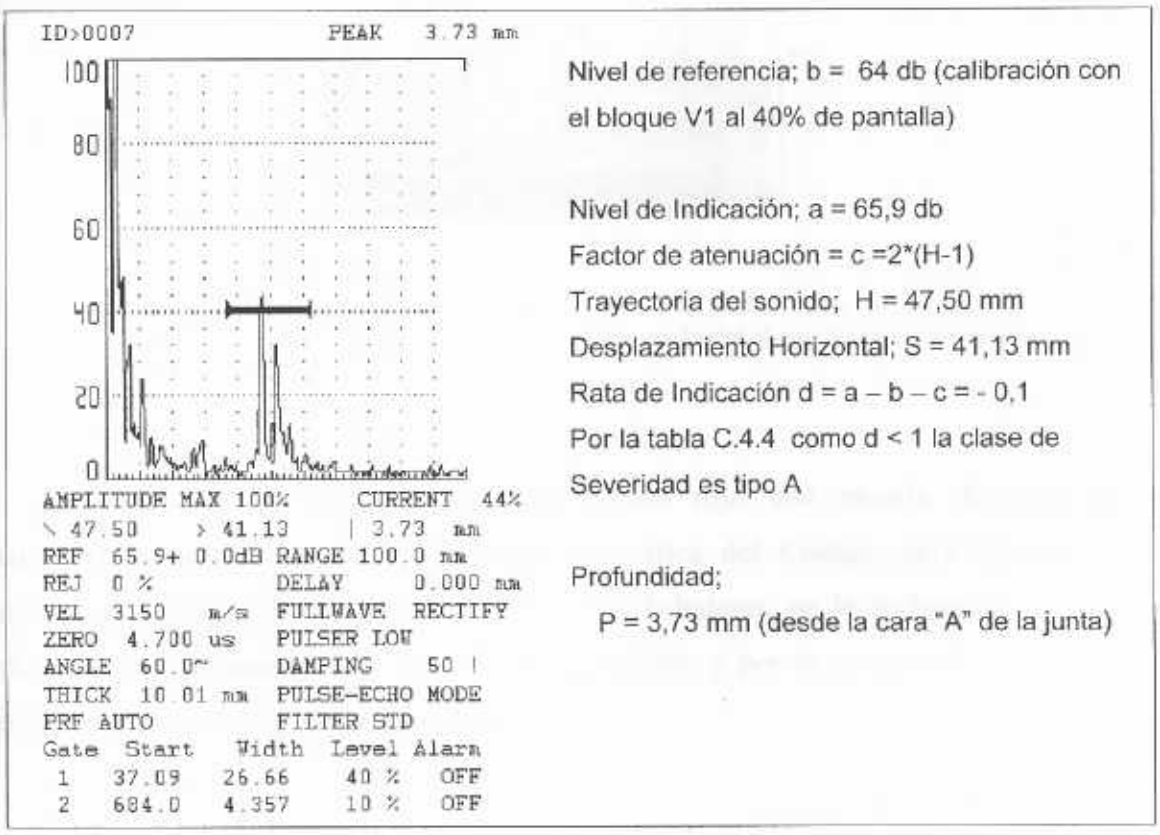


Fig. C.7.6 – Resultados de la inspección con el equipo EPOCH III muestra mediante el pulso de ultrasonido la falta de penetración en la probeta G1B3 (junta a tope con ranura recta y proceso SMAW).

El ennegrecimiento de las grietas en una radiografía es consecuencia de la diferencia de densidades entre el metal de soldadura y los espacios vacíos generados por las grietas que permiten que la radiación pase sin atenuación. Por lo tanto mientras más profunda sea una grieta habrá menos atenuación de la radiación y por lo tanto un mayor ennegrecimiento de las grietas en la radiografía como se muestra en la figura C.7.7.

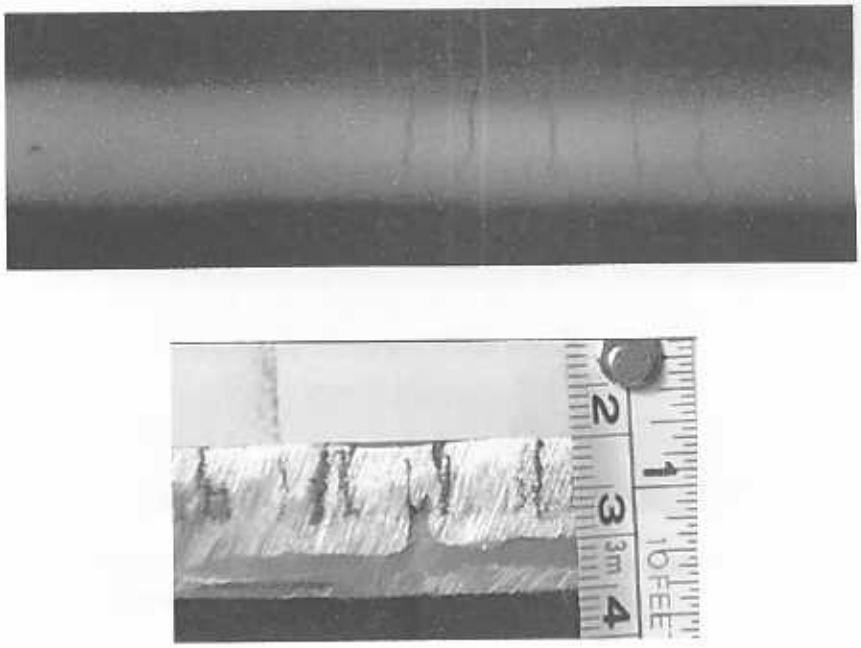


Fig. C.7.7 - Radiografía y corte longitudinal a la soldadura de la probeta D2 muestra, con partículas magnéticas secas, la profundidad que llegan a alcanzar algunas grietas.

La figura C.7.8, presenta en el rectángulo rojo una escoria de gran tamaño, aproximadamente de 7 mm, sin embargo la gráfica del Código, para discontinuidades alargadas con Cargas Estática en Estructuras No Tubulares, no la rechaza; la soldadura es rechazada por contener grietas, lo cual es inaceptable, y por la cercanía de bordes entre la escoria de gran tamaño y otras pequeñas.

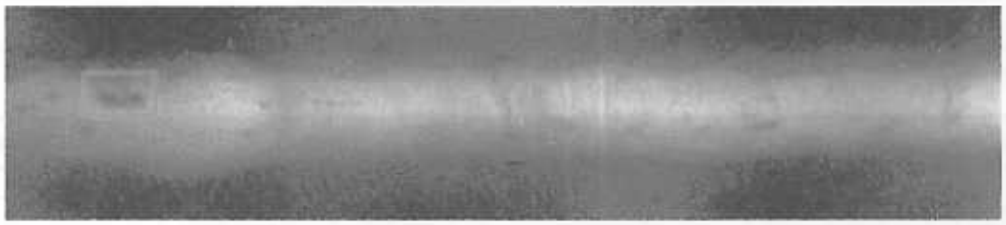


Fig. C.7.8 – Radiografía de una probeta con proceso SMAW de ¾" de espesor con presencia de grietas y escoria en la soldadura.

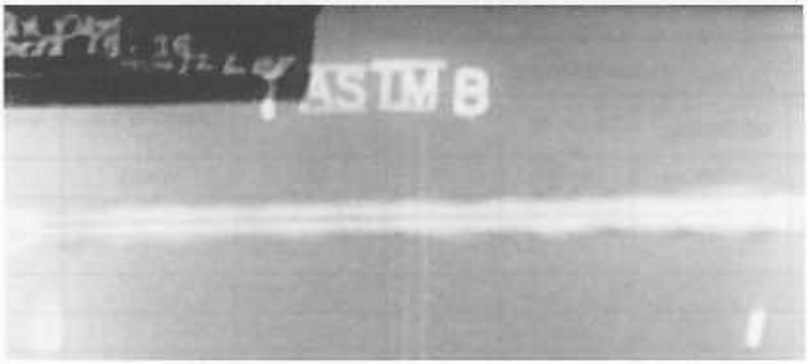


Fig. C.7.9 - Radiografía de una falta de penetración en la probeta G1B3 con ranura recta y Proceso SMAW.

UCAB Universidad Católica Andrés Bello	C.7. - REPORTE DE INSPECCIÓN DE SOLDADURAS CON RADIOGRAFÍA
	PROYECTO: **CONTROL DE CALIDAD EN CONEXIONES SOLDADAS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO A-36 POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)**

Descripción: Probetas 300x150x10	Material Base: Acero ASTM A-36	Espesor: 3/8" (10 mm)	Plano Nº: N/A

LOCALIZACION	FUENTE					
TALLER ☒ CAMPO ☐	ISOTOPO: IRIDIO192	TIEMPO DE EXPOSICIÓN: 3 min.	ACTIVIDAD (CURIES): 14	TAMAÑO PUNTO FOCAL: 4,0 mm	DISTORSIÓN GEOMÉTRICA (Ug): 0,13 mm	DISTANCIA FUENTE-PELÍCULA: 516 mm

TECNICA			PENETRAMETRO		PELICULA	
PS-VS ☒	PD-VS ☐	PD-VD ☐	TIPO: ALAMBRE ☒ AGUJERO ☐	Nº: ASTM 1B	MARCA: KODAK	TIPO: AA 440

NORMA DE INTERPRETACIÓN: CÓDIGO DE ACERO STRUCTURAL ANSI/AWS .1.1	AÑO: 2000	PROCEDIMIENTO: PR - 5	REV: 0	SOLDADOR: ANTONIO REGIO
INTERPRETE: MIGUEL VERA NIVEL END: III	RADIOLOGO: JOSÉ CONCALVEZ NIVEL: II			FECHA: 16/06/04

DATOS DE INTERPRETACIÓN

SOLDAURA	IDENTIFICACIÓN DE SOLDADURA	PROCESO DE SOLDADURA	DENSIDAD	DISCONTINUIDAD			EVALUACIÓN	
				TIPO	TAMAÑO	UBICACIÓN	ACEPTADO / RECHAZADO	REPETIR Si / No
0-1	G1B3	SMAW	2.65	FP	150 mm	RE	RECHAZADO	No

OBSERVACIONES Y/O REPARACIONES

1) *Carbonear (backgouge) o esmerilar hasta eliminar la falta de penetración. Una vez hecha aplicar líquidos penetrantes y rellenar con* SMAW (E-7018)

2) Aplicar Radiografía nuevamente

LEYENDA

PS-VS: PARED SIMPLE-VISTA SIMPLE
PD-VS: PARED DOBLE-VISTA SIMPLE
PD-VD: PARED DOBLE-VISTA DOBLE

UBICACIÓN DE LA DISCONTINUIDAD
PR: PASE DE RAIZ
RE: RELLENO
RM: REMATE

G. GRIETA
P. POROSIDAD
E. ESCORIA
EP. EXCESO DE PENETRACIÓN
S. SOCAVACIÓN

CI CONCAVIDAD INTERNA
FR. FALTA DE RAIZ
D. DESALINEAMIENTO
FF. FALTA DE FUSIÓN
FP. FALTA DE PENETRACIÓN
N/A: NO APLICA; N: NINGUNA

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D	Nombre: Ingº Miguel Vera	D	Nombre: Ingº Miguel Vera	D
	M		M		M
Firma	A	Firma Nivel III NDT	A	Firma Nivel III NDT	A

Anexo D - Ensayos Destructivos aplicados a Probetas de Acero ASTM A-36 con Juntas Soldadas para la Calificación del Procedimiento.

D.1. Ensayo de Tracción en Juntas a Tope

D.2. Ensayo de Doblez de Lado en Juntas a Tope

D.3. Ensayo de Macroataque en Juntas T con Soldadura de Filete

D.4. Comparación entre los Ensayos de Macroataque y Ultrasonido en Juntas "T"

D.5. Registros de Calificación del Procedimiento (RCP)

D. Ensayos Destructivos aplicados a Probetas de Acero ASTM A-36 con Juntas Soldadas para la Calificación del Procedimiento.

D.1. Ensayo de Tracción en Juntas a Tope

Espesor (T) nominal de las probetas ensayadas en pulgadas.	Numero de Especimenes			
	Sección Reducida de Tensión	Doblado de Raíz	Doblado de Cara	Doblado de Lado
$1/8 \leq T \leq 3/8$	2	2	2	---
$3/8 < T < 1$	2	---	---	4
1 y mayor	2	---	---	4

Tabla D.1.1 - Numero de Especimenes para los Ensayos Destructivos de Tracción y Doblez de Lado

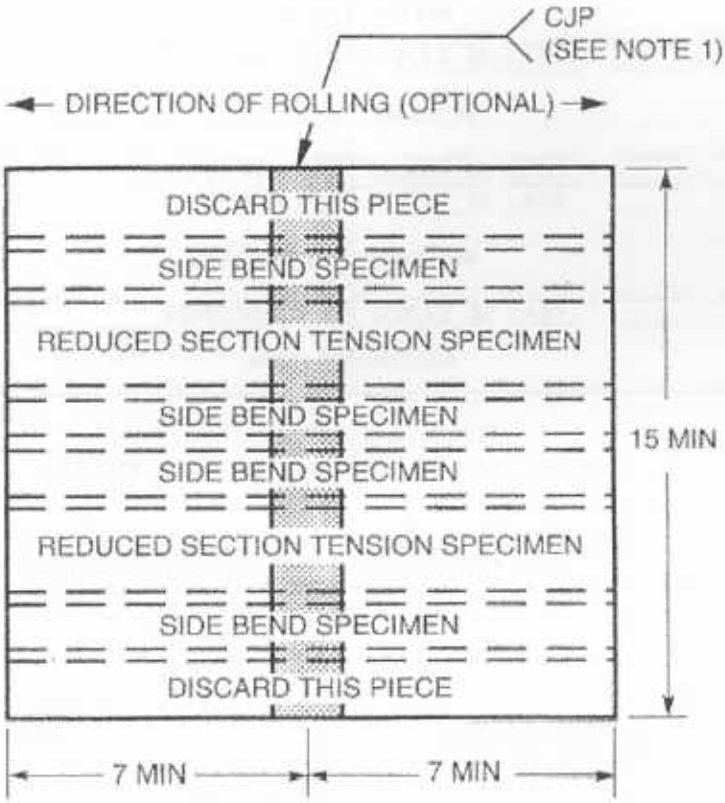
Notas:

1. Todas las planchas soldadas deben ser inspeccionadas visualmente y estar sujetas a Ensayos No Destructivos (END). Una probeta debes ser requerida para calificar cada posición

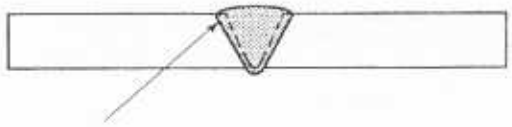
2. La calificación de soldaduras con junta de penetración completa (JPC) de cualquier espesor califica cualquier tamaño de filete o soldadura con junta de penetración parcial (JPP) para cualquier espesor

De acuerdo a la tabla D.1.1 para espesores menores e iguales de 3/8" (9,5 mm) correspondería hacer ensayos de doblez de raíz y de cara, lo que implicaría una probeta de mayor tamaño. Considerando que el espesor de la probeta es ligeramente mayor de 9,5 mm, aproximadamente 10,20 mm, y debido a limitaciones en el transporte, manipulación del material, así como en su cantidad, se realizaran cuatro (4) ensayos de doblez de lado en probetas de dimensiones menores a la que especifica el Código AWS D.1.1 (ver Fig. D.1.1 y D.1.2).

Para un estudio académico en la Evaluación y Control de Calidad de los Ensayos No Destructivos y Destructivos (tracción y doblez) se consideran aceptables las dimensiones utilizadas.



TRANSVERSE BEND SPECIMENS



Notas:

1._ La configuración de la ranura mostrada es solo para ilustración. La forma de la ranura ensayada debe estar conforme a la producción de la forma de la ranura que está siendo calificada
2._ Todas las medidas son mínimas
3._ Todas la medidas están en pulgadas

Fig. D.1.1 - Localización de los especimenes de ensayo a tensión y doblez de lado sobre una probeta soldada por encima de 3/8" (9,5 mm) de espesor – Calificación de la Especificación del Procedimiento de Soldadura (EPS) de acuerdo al Código AWS D1.1 2000

Cortado con Guillotina
Desperdicio = 0

Espesor = 3/8" (10 mm)

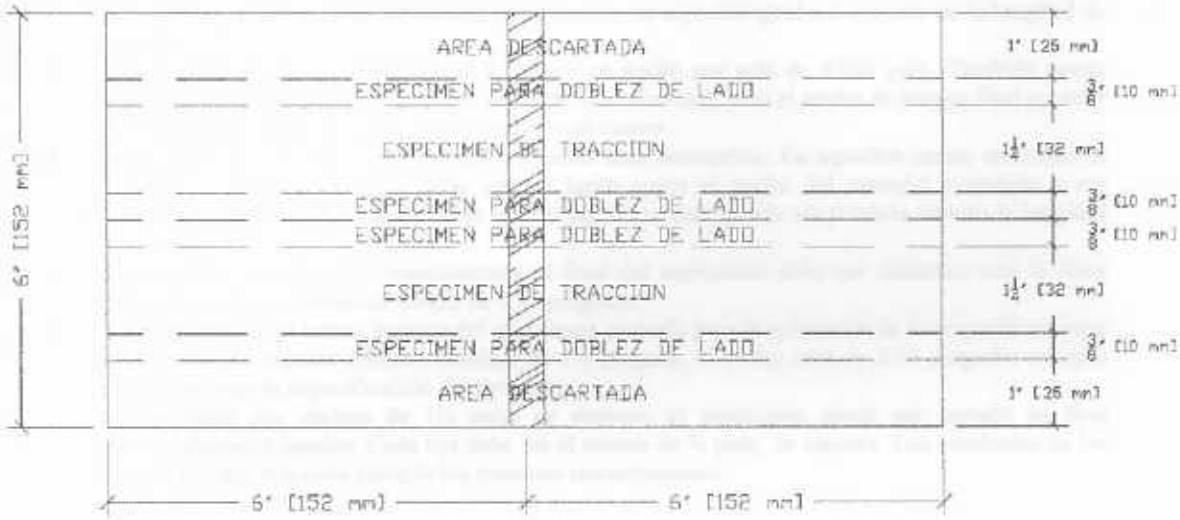


Fig. D.1.2 - Localización de los especimenes sobre la probeta soldada utilizada para el Control de Calidad con Ensayos No Destructivos (END) y su posterior evaluación a Tracción y Doblez de Lado

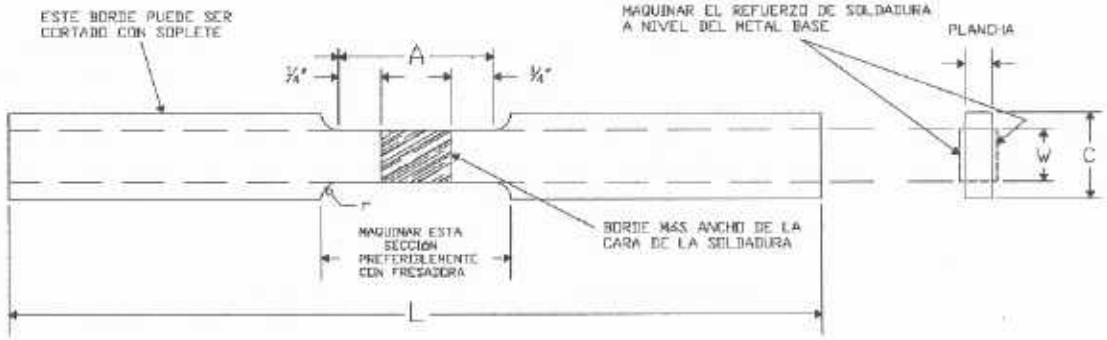


Fig. D.1.3 - Espécimen de Tracción

	Tp ≤ 1 pulg.	1 < Tp < 1½ pulg.	Tp > 1½ pulg.
A – Longitud del área reducida	Ancho mayor de la soldadura + 1/2 pulg. , mínimo 2 ¼ pulg.		
L – Longitud total (Nota 2)	Como lo requiere el equipo de ensayo		
W – Ancho de la sección reducida (Notas 3 y 4)	3/4 pulg. mínimo	3/4 pulg. mínimo	3/4 pulg. mínimo
C – Ancho de la sección de sujeción (Notas 4 y 5)	W + 1/2 pulg. mínimo	W + 1/2 pulg. mínimo	W + 1/2 pulg. mínimo
t – espesor del espécimen (Notas 6 y 7)	Tp	Tp	Tp/n (Nota 7)
r – Mínimo radio del filete	1/2	1/2	1/2

Tabla D.1.2 – Condiciones en las dimensiones del Espécimen de Tracción

Notas

1. Tp = Espesor nominal de la probeta
2. Es deseable, si es posible, para hacer la longitud de la sección de sujeción suficientemente larga para permitir al espécimen extenderse entre una distancia de sujeción igual a 2/3 o más de la longitud de sujeción.
3. El final de la sección reducida no debe diferir en ancho por más de 0.004 pulg. También puede haber un descenso gradual en el ancho desde el final al centro, pero el ancho de ningún final no debe ser más de 0.015 pulg. de largo que el ancho en el centro
4. Los anchos (W y C) pueden ser usados cuando sean necesarios. En aquellos casos, en donde el ancho de la sección reducida debe ser tan largo como el ancho del material permitido a ser examinado. Si el ancho del material es menor que W, el lado puede ser paralelo en toda la longitud del espécimen.
5. Para probetas estándar tipo especimenes, el final del espécimen debe ser simétrico con la línea central de la sección reducida dentro de 0.25 pulgadas.
6. La dimensión t es el menor espesor del espécimen probado para la aplicación de las especificaciones del material. El espesor mínimo nominal de 1½ pulgada, el ancho será de 3/16 pulgadas excepto como lo permite la especificación del producto.
7. Para probetas por encima de 1½ pulg. de espesor, el espécimen puede ser cortado en tiras aproximadamente iguales. Cada tira debe ser al menos de ¾ pulg. de espesor. Los resultados de los ensayos de cada tira debe cumplir los mínimos requerimientos.

Medidas utilizadas para los Ensayos de Tracción

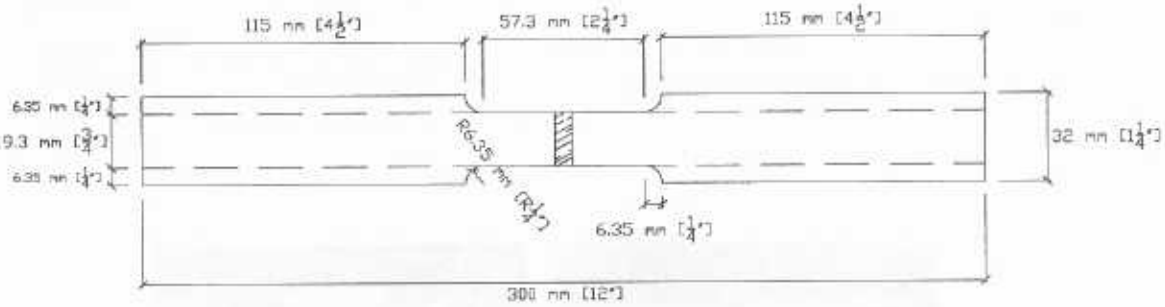


Fig. D.1.4 - Espécimen de Tracción con medidas de acuerdo a la tabla D.1.2

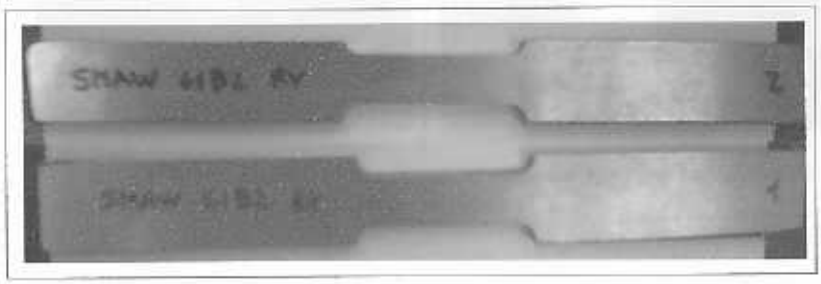


Fig. D.1.5 - Especimenes de tracción correspondientes a un Proceso SMAW con ranura en "V".

El corte de las probetas se hace, de acuerdo al Código AWS D.1.1, con soplete pero las limitaciones en la manipulación, transporte y cantidad de material obligaron a fabricar probetas de menor dimensión, disminuyendo el espacio por pérdida en el corte, lo cual trajo como consecuencia que se cortaran con guillotina.

El exceso de refuerzo de soldadura deformó la probeta con ranura recta y proceso SAW durante el corte, a pesar de que se eliminó en uno de los lados y en cada una de las probetas, generando una entalla que no se pudo eliminar con el rectificado como se aprecia en las Fig. D.1.6. Para casos reales de un Registro de Calificación del Procedimiento (RCP) este tipo de probeta queda rechazada y no debería ensayarse, no obstante el mismo se hizo únicamente para un estudio académico de este Trabajo de Grado.

Fig. D.1.6 – Entalla en el material base en la probeta G1A3 con proceso SAW y ranura recta

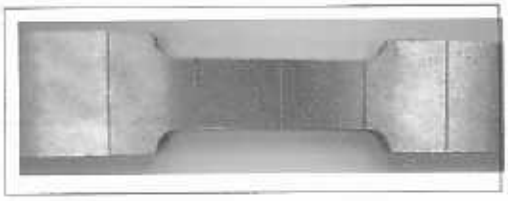


Fig. D.1.7 – Delineamiento de la probeta para conocer el porcentaje de alargamiento

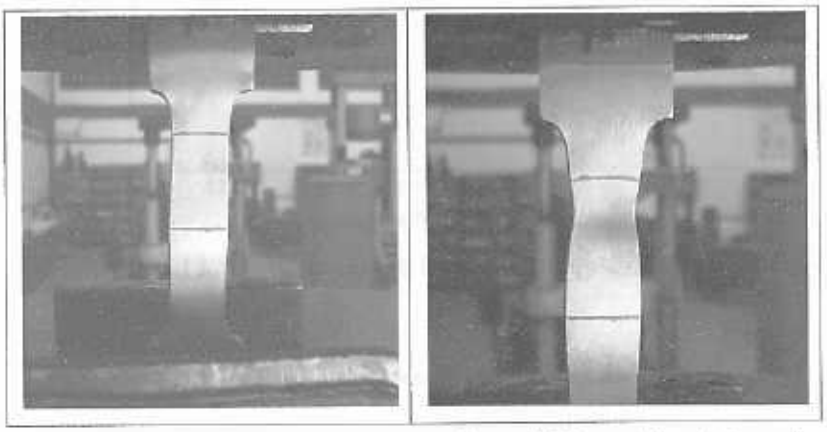


Fig. D.1.8 - Formación de la cintura en el material base del espécimen de tracción poco antes de llegar al punto de rotura.

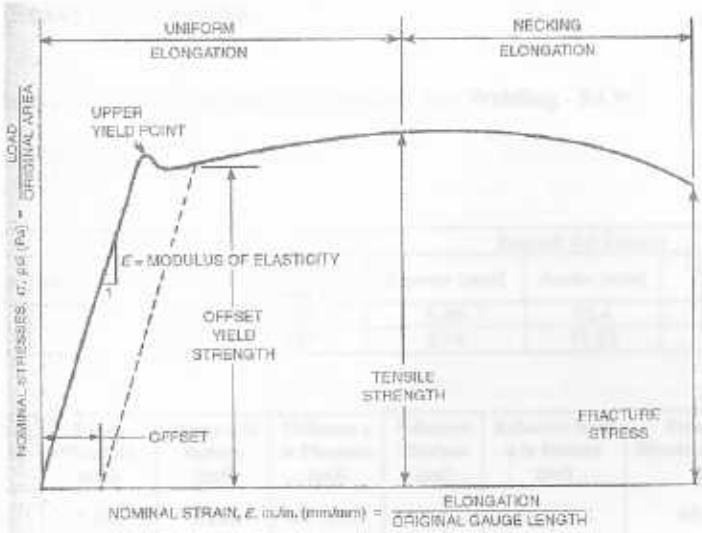


Fig. D.1.9 - Curva de Ingeniería de Esfuerzo-Deformación en un Acero de Bajo Carbón

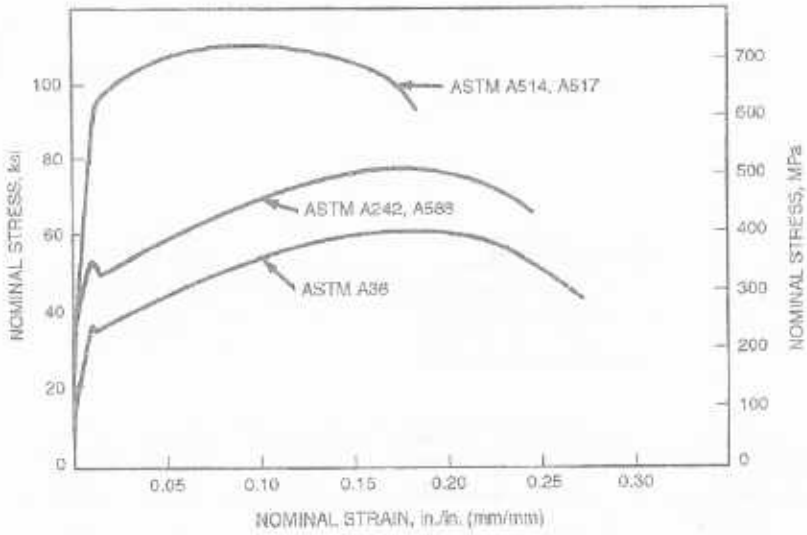


Fig. D.1.10 - Curva Nominal de Esfuerzo-Deformación de Varios Aceros

Tabla D.1.3 - Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A-36

Planchas, formas y barras:	
Esfuerzo Máximo a la Tensión (psi)	58.000 – 80.000
Punto de Fluencia, mínimo (psi)	36.000
***Planchas y barras:**	
Alargamiento en 8" mínimo	20 %
Alargamiento en 2" mínimo	23 %

* Las planchas de piso no requieren alargamiento

Resultados del Ensayo a Tracción

Proceso de Soldadura con Arco Sumergido (Submerged Arc Welding - SAW)

Identificación Probeta: [G1A2]
Tipo de Ranura: en V

	Antes del Ensayo			Después del Ensayo		
Espécimen	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Inicial [mm²]	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Final [mm²]
1	8,78	19,10	168	5,86	13,4	78,52
2	8,76	19,10	167	5,74	13,22	75,88

Espécimen	Carga a la Fluencia [kgf]	Carga Máxima [kgf]	Carga a la Rotura [kgf]	Esfuerzo a la Fluencia [psi]	Esfuerzo Máximo [psi]	Esfuerzo Real a la Rotura [psi]	Esfuerzo de Diseño a la Rotura [psi]	Observación
1	4.860	7.250	5.390	41.146,0	61.380,3	97.630,8	45.633,1	Falló en el material base
2	3.350	3.450	1.650	28.531,8	29.383,5	30.927,2	14.053,0	Falló en el material base

Espécimen	Área Inicial [mm²]	Área Final [mm²]	Porcentaje de Reducción de Area	Alargamiento en [mm]		Porcentaje de Alargamiento	
				En 2"	En 4"	En 2"	En 4"
1	168	78,52	53,3	62	119	18,1	14,6
2	167	75,88	54,6	64	119	20,6	14,6

Identificación Probeta: [G1A3]
Tipo de Ranura: Recta

	Antes del Ensayo			Después del Ensayo		
Espécimen	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Inicial [mm²]	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Final [mm²]
1	8,50	18,96	161	5,56	13,63	75,78
2	7,21	19,18	138	5,12	13,9	71,17

Espécimen	Carga a la Fluencia [kgf]	Carga Máxima [kgf]	Carga a la Rotura [kgf]	Esfuerzo a la Fluencia [psi]	Esfuerzo Máximo [psi]	Esfuerzo Real a la Rotura [psi]	Esfuerzo de Diseño a la Rotura [psi]	Observación
1	4.270	6.900	5.400	37.722,7	60.957,0	101.349,9	47.705,5	Falló en el material base
2	5.300	5.710	3.810	54.625,7	58.851,5	76.144,9	39.268,7	Falló en la entalla

Espécimen	Área Inicial [mm²]	Área Final [mm²]	Porcentaje de Reducción de Area	Alargamiento en [mm]		Porcentaje de Alargamiento	
				En 2"	En 4"	En 2"	En 4"
1	161	75,78	53,0	65	119	21,8	14,6
2	138	71,17	48,5	60	114	15,3	10,9

Proceso de Soldadura con Arco Metálico Protegido (Shielded Metal Arc Welding - SMAW)

Identificación Probeta: [G1B2]
Tipo de Ranura: en V

	Antes del Ensayo			Después del Ensayo		
Espécimen	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Inicial [mm²]	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Final [mm²]
1	8,22	18,82	155	5,08	14,00	71,12
2	8,10	18,88	153	5,40	13,88	74,95

Espécimen	Carga a la Fluencia [kgf]	Carga Máxima [kgf]	Carga a la Rotura [kgf]	Esfuerzo a la Fluencia [psi]	Esfuerzo Máximo [psi]	Esfuerzo Real a la Rotura [psi]	Esfuerzo de Diseño a la Rotura [psi]	Observación
1	3.850	4.870	3.590	35.328,8	44.688,7	71.796,5	32.943,0	Falló en el material base
2	2.640	3.640	2.260	24.542,2	33.838,4	42.887,0	21.009,6	Falló en el material base

Espécimen	Área Inicial [mm²]	Área Final [mm²]	Porcentaje de Reducción de Area	Alargamiento en [mm]		Porcentaje de Alargamiento	
				En 2"	En 4"	En 2"	En 4"
1	155	71,12	54,1	61	119	16,7	14,6
2	153	74,95	51,0	60	114	15,3	10,9

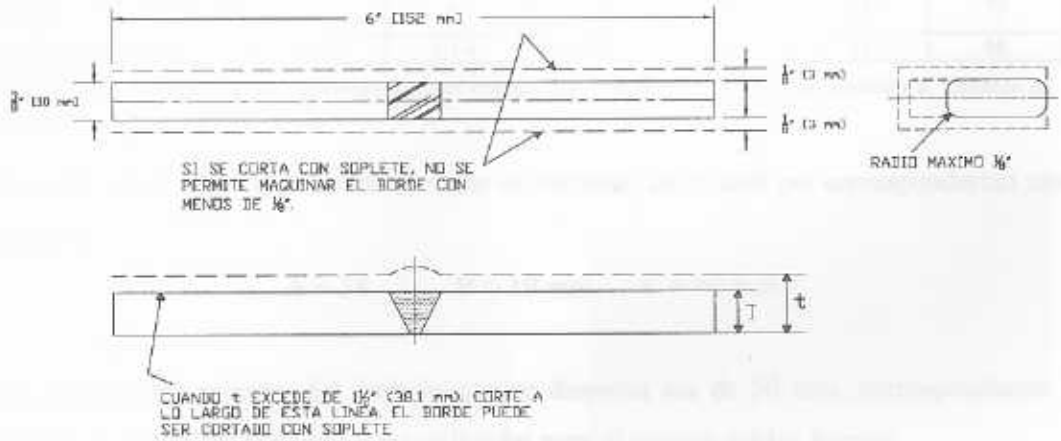
Identificación Probeta: [G1B3]
Tipo de Ranura: Recta

	Antes del Ensayo			Después del Ensayo		
Espécimen	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Inicial [mm²]	Espesor [mm]	Ancho [mm]	Área Final [mm²]
1	9,00	19,00	171	6,94	15,02	104,24
2	8,98	19,02	171	8,72	19,00	165,68

Espécimen	Carga a la Fluencia [kgf]	Carga Máxima [kgf]	Carga a la Rotura [kgf]	Esfuerzo a la Fluencia [psi]	Esfuerzo Máximo [psi]	Esfuerzo Real a la Rotura [psi]	Esfuerzo de Diseño a la Rotura [psi]	Observación
1	5.200	5.200	4.190	43.252,1	43.252,1	57.172,2	34.851,2	Falló en el material base
2	1.740	2.760	1.180	14.472,8	22.956,9	10.130,1	9.814,9	Falló en la soldadura

Espécimen	Área Inicial [mm²]	Área Final [mm²]	Porcentaje de Reducción de Area	Alargamiento en [mm]		Porcentaje de Alargamiento	
				En 2"	En 4"	En 2"	En 4"
1	171	104,24	39,0	61	119	16,7	14,6
2	171	165,68	3,1	60	114	15,3	10,9

D.2. Ensayo de Doblez de Lado en Juntas a Tope



t pulg. (mm)	T pulg. (mm)
3/8 (9.5) a 1½ (38.1)	t
> 1½ (38.1)	Ver nota 2

Notas:

1. Un espécimen con una longitud grande puede ser necesario cuando se esté usando un doblado tipo curvado alrededor del mandril o cuando se ensaya acero con esfuerzo de fluencia de 90 ksi (520 Mpa) o mayor.
2. Para planchas de espesores sobre 1½ pulg. (38.1 mm), corte el espécimen en tiras aproximadamente iguales con tiras de ¾ pulg. (19 mm) y 1½ pulg. y ensayar cada tira.
3. t = espesor de la plancha o tubo

Fig. D.2.1 – Espécimen de doblamiento de lado

Equipo utilizado para el Ensayo de Doblez

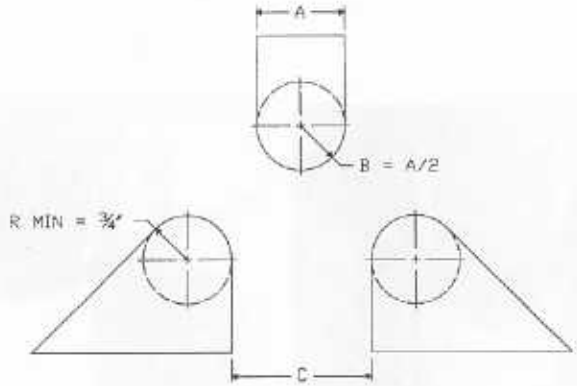


Fig. D.2.2 - Alternativa de equipo con rodillo para Ensayos de Doblez

Esfuerzo de metal base, psi (MPa) actual o específico	A (Pulg)	B (Pulg)	C (Pulg)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
50.000 (345) y por debajo	1-1/2	3/4	2-3/8	38	19	60
Por encima de 50000 hasta 90.000 (620)	2	1	2-7/8	50	25	73
Por encima de 90.000	2-1/2	1-1/4	3-3/8	65	32	86

Tabla D.2.1- Dimensiones que corresponden al equipo con rodillo (Fig. D.2.2) de acuerdo al Esfuerzo de metal base.

De acuerdo a la tabla D.2.1 para un valor de esfuerzo de 50.000 psi corresponderían unos valores de:

A = 38 B = 19 mm C = 60 mm

Pero el diámetro mínimo del émbolo que se disponía era de 50 mm, correspondiente al valor de A, por lo tanto las medidas utilizadas para el ensayo doblez fueron:

A = 50 mm B = 25 mm C = 80 mm

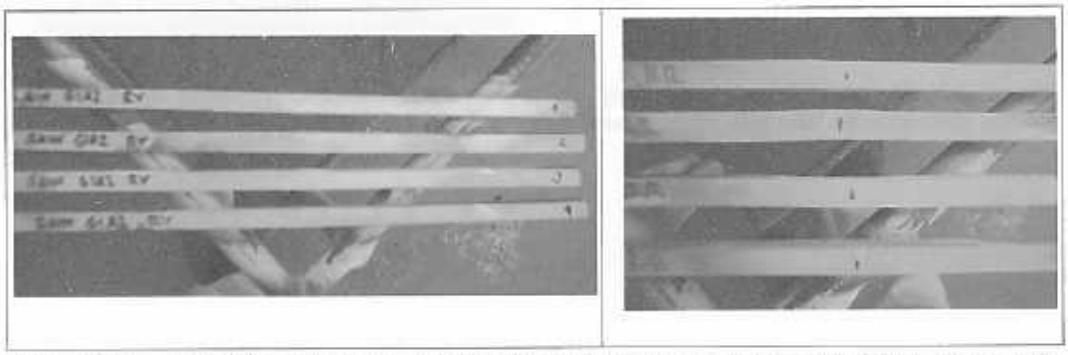


Fig. D.2.3 – Izquierda, inspección con líquidos penetrantes a los especimenes de doblez con penetración completa antes de ser ensayados. La imagen de la derecha muestra la falta de penetración en la junta con ranura recta y Proceso SMAW.

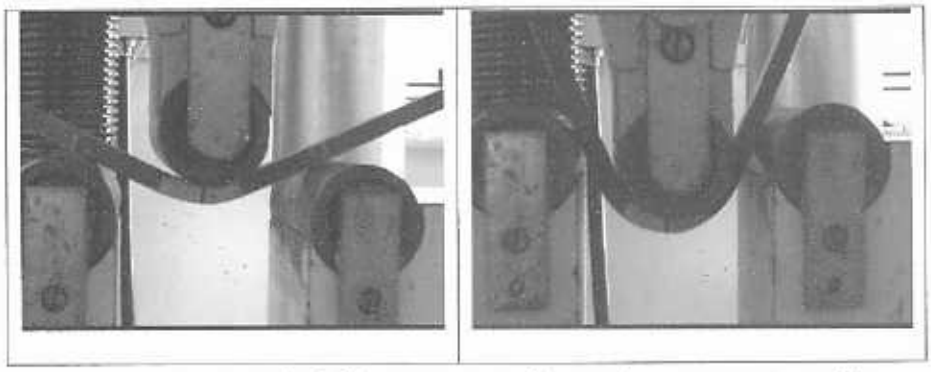
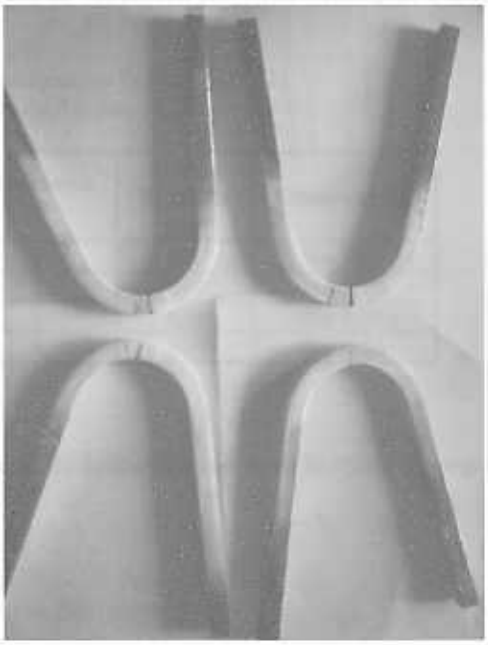


Fig. D.2.4 - Espécimen de doblez con penetración completa, no presenta problemas durante el ensayo.

Las siguientes figuras muestran la aplicación de Líquidos Penetrantes a especimenes de Dobles después del ensayo de Doblamiento



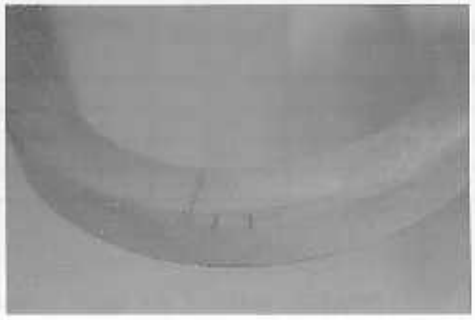


Fig. D.2.5 – Izquierda, especimenes de doblez con penetración completa después del Ensayo de Doblamiento. Derecha, grietas por tensión a consecuencia de no eliminar correctamente los bordes rectos.

Resultados del Ensayo de Doblez

Proceso de Soldadura con Arco Sumergido (Submerged Arc Welding - SAW)

Identificación Probeta: [G1A2]
Tipo de Ranura: en V

Espécimen N°	Carga Máxima [kg]	Observación
1	600	No falló
2	610	No falló
3	630	No falló
4	620	No falló

Identificación Probeta: [G1A3]
Tipo de Ranura: Recta

Espécimen N°	Carga Máxima [kg]	Observación
1	890	No falló
2	825	No falló
3	760	No falló
4	690	No falló

Proceso de Soldadura con Arco Metálico Protegido (Shielded Metal Arc Welding - SMAW)

Identificación Probeta: [G1B2]
Tipo de Ranura: en V

Espécimen N°	Carga Máxima [kg]	Observación
1	820	No falló
2	870	No falló
3	770	No falló
4	940	No falló

Identificación Probeta: [G1B3]
Tipo de Ranura: Recta

Espécimen N°	Carga Máxima [kg]	Observación
1	450	falló en la soldadura
2	450	falló en la soldadura
3	470	falló en la soldadura
4	440	falló en la soldadura

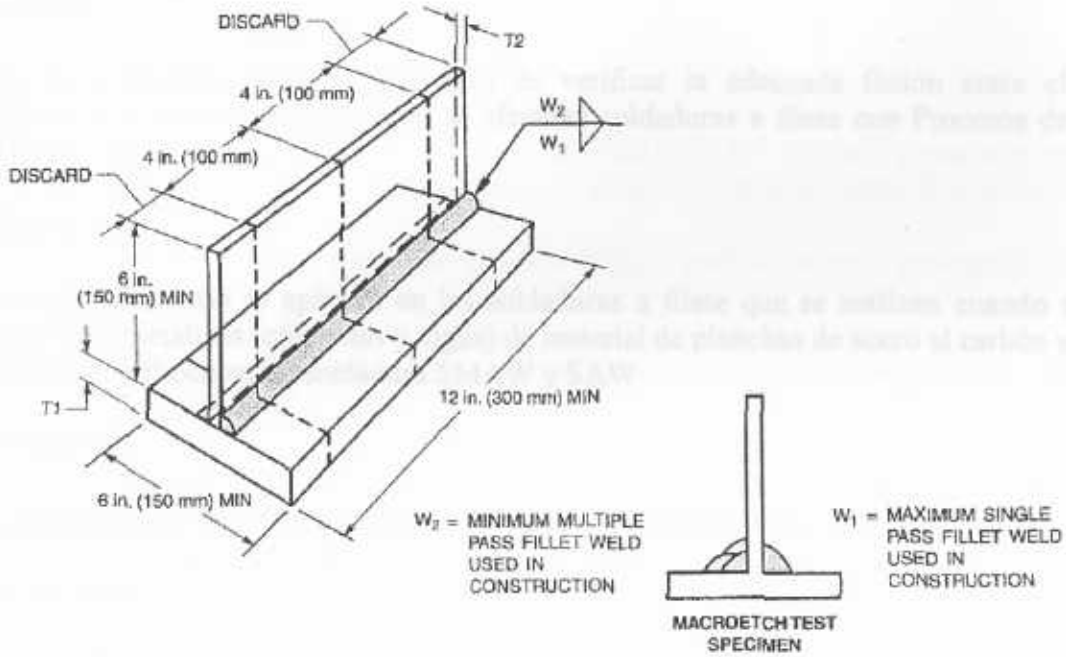
Discusión de los resultados de los Ensayos a Tracción y Doblez

Algunas de las causas probables por la cual el espécimen N° 2 de la probeta G1A2 y los dos especimenes de la probeta G1B2 fallaron en el material base por debajo de los valores establecidos para el esfuerzo máximo del material ASTM A-36 podrían haber sido los siguientes:

1. *El material de plancha pudo haber sido cortado en dirección transversal a la* dirección de la laminación de la plancha
2. La existencia de segregaciones metálicas, formándose en algunos puntos del material de plancha una falta de homogeneidad, que influyeron en la propiedad de tracción, disminuyéndola
3. Un tamaño de grano del acero no uniforme

De acuerdo a lo que establece el Código AWS D1.1 la probeta identificada por G1B3, con proceso de soldadura Arco Metálico Protegido (SMAW), no debió ser ensayada ya que los Ensayos No Destructivos rechazan automáticamente cualquier probeta que contenga defectos en la soldadura, de tal forma que no se debe elaborar un Registro de Calificación del Procedimiento (RCP) y tampoco una Especificación del Procedimiento de Soldadura (EPS). Sin embargo el ensayo se ejecutó, concluyendo que el espécimen que falló en la soldadura fue debido a un procedimiento inapropiado de la junta con el cual se generó la "*Falta de Penetración*".

D.3. Ensayo de Macroataque en Juntas T con Soldadura de Filete



Tamaño de la soldadura (pulg)	T1 min	T2 min
3/16	1/2	3/16
1/4	3/4	1/4
5/16	1	5/16
3/8	1	3/8
1/2	1	1/2
5/8	1	5/8
3/4	1	3/4
> 3/4	1	1

Tamaño de la soldadura (mm)	T1 min	T2 min
5	12	5
6	20	6
8	25	8
10	25	10
12	25	12
16	25	16
20	25	20
> 20	25	25

Fig. D.3.1- Ensayo de Macroataque para soldaduras de filete correspondiente a la Calificación de la Especificación del Procedimiento de Soldadura (EPS) de acuerdo al Código AWS D1.1 2000

Como se puede observar tanto las dimensiones como el número de especimenes a ensayar de acuerdo al Código AWS D1.1 son diferentes al diseño de Junta T utilizado en esta investigación, debido a limitaciones en el transporte y manipulación del material así como en su cantidad.

D.3. Procedimiento de Inspección Macrográfica

1. Propósito

Este procedimiento tiene el propósito de verificar la adecuada fusión entre el metal de soldadura y el metal base cuando se efectúan soldaduras a filete con Procesos de soldadura SMAW y SAW

2. Alcance

Este procedimiento se aplicará en las soldaduras a filete que se realizan cuando se fabrican estructuras metálicas (columnas y vigas) de material de planchas de acero al carbón y soldadura de filete con Procesos de soldadura SMAW y SAW

3. Referencias

Requerimiento Específico del Código AWS D.1.1 y/o especificaciones particulares

4. Procedimiento

a) Para este trabajo se prepararon tres (3) probetas soldadas a filete con juntas "T" y sin bisel. Una probeta soldada con Proceso SAW posición 2F y las otras dos con Procesos SMAW en posición 2F y 3F respectivamente (ver Anexo A.3. - Diseño de Probetas con Juntas Soldadas)

b) Una vez terminada de soldar a filete en ambos lados, las probetas con ambos procedimientos, se efectúa una inspección visual para detectar probables defectos superficiales y chequear el tamaño del filete y la garganta.

c) Una vez aprobada la Inspección Visual se procede a cortar las probetas por la mitad (ver figura anexa) utilizando cortes mecánicos (sierra) y/o corte con soplete oxiacetileno obteniendo dos muestras por cada probeta.

d) Obtenidas las muestras se procede a desbastarlas en las soldaduras que se quieren inspeccionar mediante esmeril para eliminar protuberancia, rebabas o defectos de corte.

e) Efectuar un desbaste más fino utilizando papel de lija para metal, de acuerdo al siguiente orden:

D.3. Procedimiento de Inspección Macrográfica

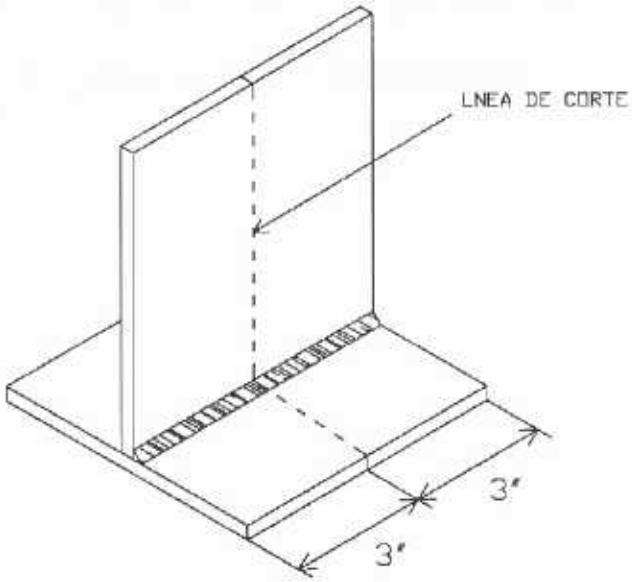
1. Lija gruesa P-80
2. Lija media P-220
3. Lija fina P-400

f) Aplicar con un isopo una solución de Nital (HNO_3 + alcohol) a una concentración del 20% V/V en las zonas de la soldadura a filete (corte transversal de la probeta)

g) Tener cuidado en manipular el ácido (Nital), preferiblemente protegerse con anteojos de seguridad y guantes.

h) Esperar después de la aplicación del Nital aproximadamente unos 10 minutos para hacer la inspección visual.

i) La inspección debe hacerse en un área iluminada (luz de dia o artificial de por lo menos 500 lux)



D.3. Procedimiento de Inspección Macrográfica

5. Criterio de Aceptación

Para la calificación aceptable, el espécimen ensayado, cuando es inspeccionado visualmente, debe de estar conforme a los siguientes requerimientos:

5.1) La soldadura de filete debe estar fusionada a la raíz de la junta pero no necesariamente mas allá.

5.2) El tamaño de mínimo de pierna debe coincidir con lo especificado en el tamaño mínimo de soldadura de filete

5.3) Los ensayos de macroataque en soldaduras de filete para juntas deberían mostrar lo siguiente:

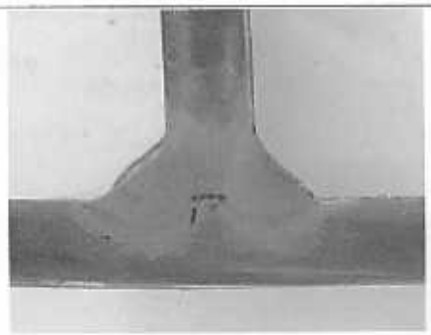
5.3.1) No presentar grietas
5.3.2) Fusión entera entre capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal base y el metal de soldadura
5.3.3) Perfiles de soldadura conforme a los detalles propuestos pero sin ninguna de las variación prohibidas en la Fig. C.1.1 del Procedimiento de Inspección Visual
5.3.4) Las socavaciones no deben exceder 1/32" (1 mm)
5.3.5) La porosidad de 1/32" (1 mm) o mayor. Porosidad acumulada no excediendo ¼" (6 mm).
5.3.6) Escoria acumulada, la suma de la mayor dimensión en el cual no debería exceder ¼" (6 mm).

Taladro esmeril de 1900/2500 rpm
Nital 20% V/V
Brocha delgada

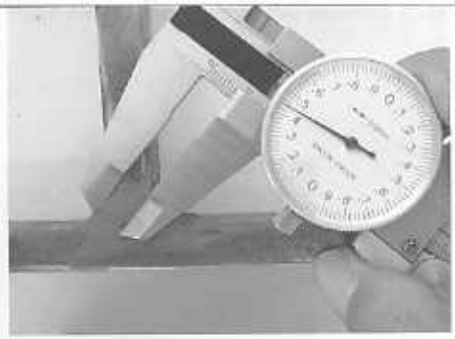
Lijas para metal:

1. Lija gruesa P-80
2. Lija media P-220
3. Lija fina P-400

Material utilizado en el Ensayo de Macroataque

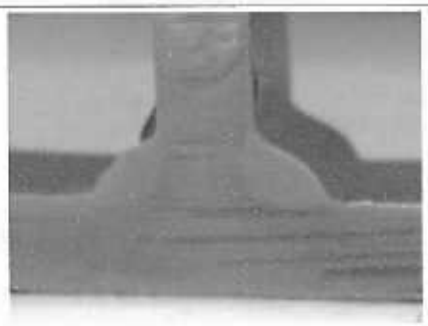


Posición 2F

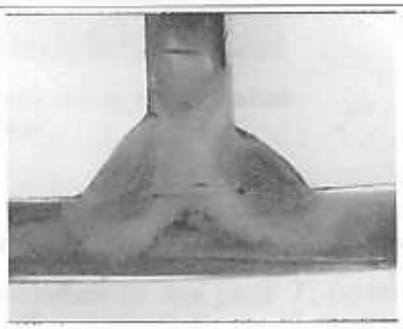


Medición de la garganta real

Proceso de Arco Sumergido (SAW)



Posición 2F



Posición 3F

Proceso de Arco Metálico Protegido (SMAW)

Fig. D.3.2 - Macrografía en filetes de soldadura

En la figura D.3.2 se puede observar que el área de fusión es mayor en el Proceso con Arco Sumergido que en el Proceso con Arco Metálico Protegido, debido a una mayor penetración alcanzada por el alto amperaje. El área excesiva de fusión contradice el valor de la garganta real y efectiva determinada con las galgas durante el ensayo de inspección visual, sin embargo no influye en la determinación de la convexidad o concavidad existente en la soldadura.

D.4. Comparación entre los Ensayos de Macrografía y Ultrasonido en Juntas "T"

La figura D.4.1 muestra la realización de un ensayo de ultrasonido con un palpador normal a una junta en T con soldadura de filete (bisel recto). Aunque el Código AWS D.1.1 no especifica hacer ensayos de ultrasonido a este tipo de juntas, el mismo se hizo a modo de comparación con la Macrografía, es decir de un Ensayo Destructivos con uno No Destructivo.

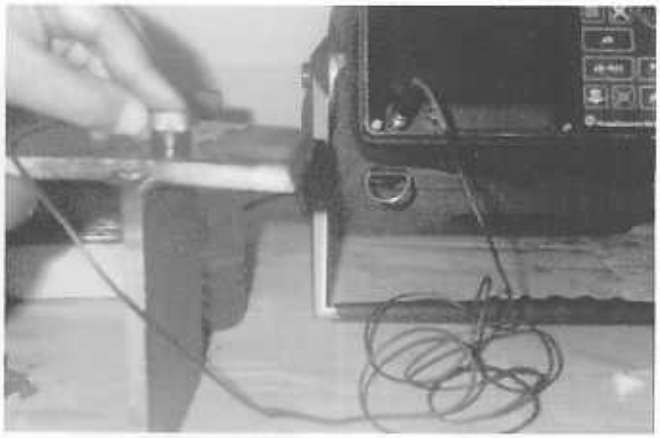


Fig. D.4.1 - Inspección con un palpador normal en la soldadura utilizando un equipo digital Krautkrämer

La figura D.4.2, muestra los pulso de ultrasonido que aparecen cuando se coloca un palpador recto en el centro del alma y en la soldadura de una junta T; permitiéndonos conocer si el diseño de la junta es con penetración completa en el alma (diseño con bisel en K) o la junta es con soldadura de filete (bisel recto) sin necesidad de cortar el material.

Si la junta se diseñara con penetración completa en el alma, la pantalla de equipo mostraría un pulso en el centro del alma como la imagen de la derecha de la Fig. D.4.2

(palpador en la soldadura) siempre y cuando no exista discontinuidad alguna en la soldadura.

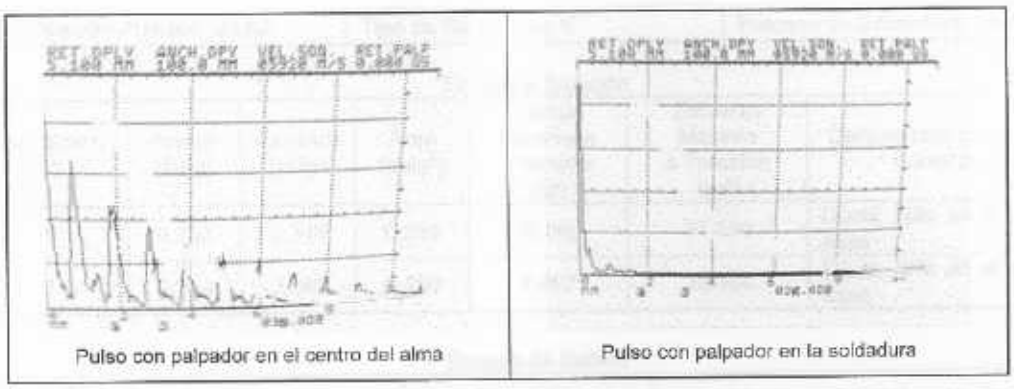


Fig. D.4.2 – Resultados del ensayo de ultrasonido en una junta en T con soldadura de filete (bisel recto) utilizando un palpador normal a una velocidad del sonido de 5920 m/s y 30 db

Alternativamente se puede emplear un palpador angular para conocer si el diseño de la junta es con penetración completa en el alma o con soldadura de filete como se muestra en la figura D.4.3.

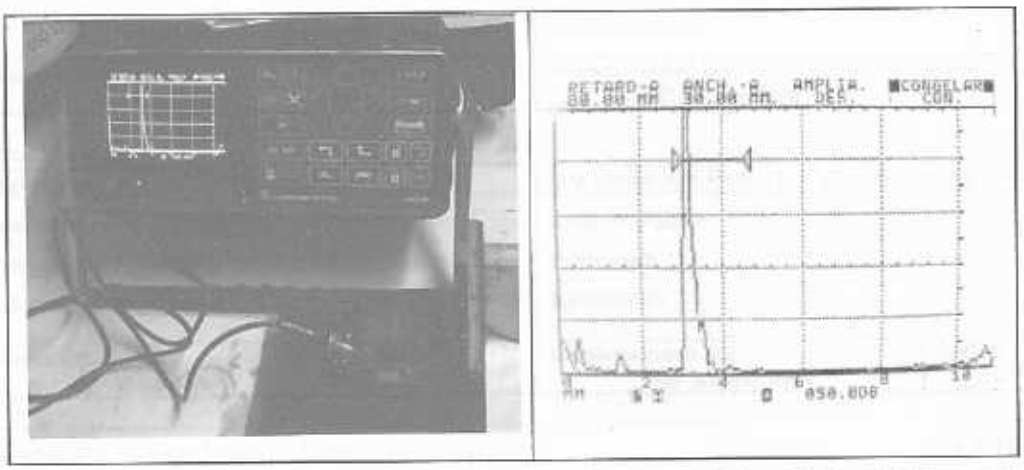


Fig. D.4.3 – Discontinuidad inherente al tipo de junta en T con soldadura de filete (bisel recto), inspeccionado con un palpador angular a una velocidad del sonido de 3240 m/s y 50 db

D.5. - REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (RCP) Nº 1
Resultado de los Ensayos

Identificación Probeta: G1A2	Tipo de Ranura: en V	Proceso de Soldadura: SAW

Ensayo a Tracción

Espécimen Nº	Ancho (pulg)	Espesor (pulg)	Área (pulg^2)	Carga Máxima a Tracción (lbf)	Esfuerzo Máximo a Tracción (psi)	Características de Falla y Localización
1	0,752	0,346	0,260	15.986	61.380	Dúctil, falló en el material base
2	0,752	0,345	0,259	7.607	29.384	Dúctil, falló en el material base

Ensayo de Doblez

Espécimen Nº	Tipo de Doblez	Resultados	Observaciones
1	De lado	aceptado	No presenta falla
2	De lado	aceptado	No presenta falla
3	De lado	aceptado	No presenta falla
4	De lado	aceptado	No presenta falla

Resultados de la Macrografía - Soldadura con Filete

Tamaño mínimo con pase múltiple			Tamaño máximo con pase único		
1.	2.	3.	1. —	2. —	3. —

Inspección Visual		Inspección por Radiografía (RT) o Ultrasonido (UT)	
Apariencia: aceptada	Porosidad: no presenta	RT Reporte Nº: ____	Resultado RT: aceptado
Convexidad: aceptada	Socavación: no presenta	UT Reporte Nº: ____	Resultado UT: ____
Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:	Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:

Otros Ensayos

Inspección con Líquidos Penetrantes		Inspección con Partículas Magnéticas Fluorescentes	
Falta de Fusión: no presenta		Falta de Fusión: ____	
Porosidad: no presenta		Porosidad: ____	
Inclusiones: no presenta		Inclusiones: ____	
Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:	Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:

Soldado por: Antonio Regio	*Ensayo Conducido por:*	*Laboratorio: Materiales 1, UCAB*
Estampa Nº: ---	IMVD y GAMA inspecciones	Técnico: Manrique

Observaciones:

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Cargo: Q.C. Mgr. IMVD	A:	Firma Cargo: Q.C. Mgr. IMVD	A:

D.5. - REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (RCP) Nº 2
Resultado de los Ensayos

Identificación Probeta: G1A3	Tipo de Ranura: Recta	Proceso de Soldadura: SAW

Resultados Ensayo a Tracción

Espécimen Nº	Ancho (pulg)	Espesor (pulg)	Área (pulg^2)	Carga Máxima a Tracción (lbf)	Esfuerzo Máximo a Tracción (psi)	Caracteristicas de Falla y Localización
1	0,746	0,335	161	15.215	60.957	Dúctil, falló en el material base
2	0,755	0,284	138	12.591	58.852	Dúctil, falló en el material base

Resultados Ensayo de Doblez

Espécimen Nº	Tipo de Doblez	Resultados	Observaciones
1	De lado	aceptado	No presenta falla
2	De lado	aceptado	No presenta falla
3	De lado	aceptado	No presenta falla
4	De lado	aceptado	presenta grieta menor de 2 mm

Resultados de la Macrografia - Soldadura con Filete

Tamaño mínimo con pase múltiple			Tamaño máximo con pase único		
1.	2.	3.	1. ---	2. ---	3. ---

Inspección Visual		Inspección por Radiografia (RT) o Ultrasonido (UT)	
Apariencia: aceptada	Porosidad: no presenta	RT Reporte Nº: _____	Resultado RT: aceptado
Convexidad: aceptada	Socavación: no presenta	UT Reporte Nº: _____	Resultado UT: _____
Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:	Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:

Otros Ensayos

Inspección con Líquidos Penetrantes		Inspección con Partículas Magnéticas Fluorescentes	
Falta de Fusión: no presenta		Falta de Fusión: _____	
Porosidad: no presenta		Porosidad: _____	
Inclusiones: no presenta		Inclusiones: _____	
Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:	Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:

Soldado por: Antonio Regio	Ensayo Conducido por:	Laboratorio: Materiales 1, UCAB
Estampa Nº: ---	IMVD y GAMA inspecciones	Técnico: Manrique

Observaciones:
El espécimen Nº 2 a tracción presentaba una entalla en el material base como consecuencia de no eliminar el exceso de refuerzo durante el proceso de fabricación.
En el espécimen Nº 2 a doblez se generaron grietas por tensión durante el ensayo por no redondear correctamente los bordes rectos de las aristas.

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Cargo: Q.C. Mgr. IMVD	A:	Firma Cargo: Q.C. Mgr. IMVD	A:

D.5. - REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (RCP) Nº 3
Resultado de los Ensayos

Identificación Probeta: G1B2	Tipo de Ranura: en V	Proceso de Soldadura: SMAW

Ensayo a Tracción

Espécimen Nº	Ancho (pulg)	Espesor (pulg)	Área (pulg^2)	Carga Máxima a Tracción (lbf)	Esfuerzo Máximo a Tracción (psi)	Características de Falla y Localización
1	0,741	0,324	0,240	10.738	44.689	Dúctil, falló en el material base
2	0,743	0,319	0,237	8.026	33.838	Dúctil, falló en el material base

Ensayo de Doblez

Espécimen Nº	Tipo de Doblez	Resultados	Observaciones
1	De lado	aceptado	No presenta falla
2	De lado	aceptado	No presenta falla
3	De lado	aceptado	No presenta falla
4	De lado	aceptado	No presenta falla

Resultados de la Macrografía - Soldadura con Filete

Tamaño mínimo con pase múltiple			Tamaño máximo con pase único		
1.	2.	3.	1. ---	2. ---	3. —

Inspección Visual		Inspección por Radiografía (RT) o Ultrasonido (UT)	
Apariencia: aceptada	Porosidad: no presenta	RT Reporte Nº: _____	Resultado RT: aceptado
Convexidad: aceptada	Socavación: no presenta	UT Reporte Nº: _____	Resultado UT: _____
Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:	Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:

Otros Ensayos

Inspección con Líquidos Penetrantes		Inspección con Partículas Magnéticas Fluorescentes	
Falta de Fusión: no presenta		Falta de Fusión: _____	
Porosidad: no presenta		Porosidad: _____	
Inclusiones: no presenta		Inclusiones: _____	
Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:	Inspeccionado por: Ingº Miguel Vera	Fecha:

Soldado por: Antonio Regio	Ensayo Conducido por:	Laboratorio: Materiales 1, UCAB
Estampa Nº: ---	IMVD y GAMA inspecciones	Técnico: Manrique

Observaciones:

Elaborado por		Revisado por		Aprobado por	
Nombre: Marco Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:	Nombre: Ingº Miguel Vera	D:
	M:		M:		M:
Firma	A:	Firma Cargo: Q.C. Mgr. IMVD	A:	Firma Cargo: Q.C. Mgr. IMVD	A:

Anexo E - Estimaciones de Costos en los Procesos de Soldadura. Caso de Estudio "Puente de Acero del Caño Matiyure"

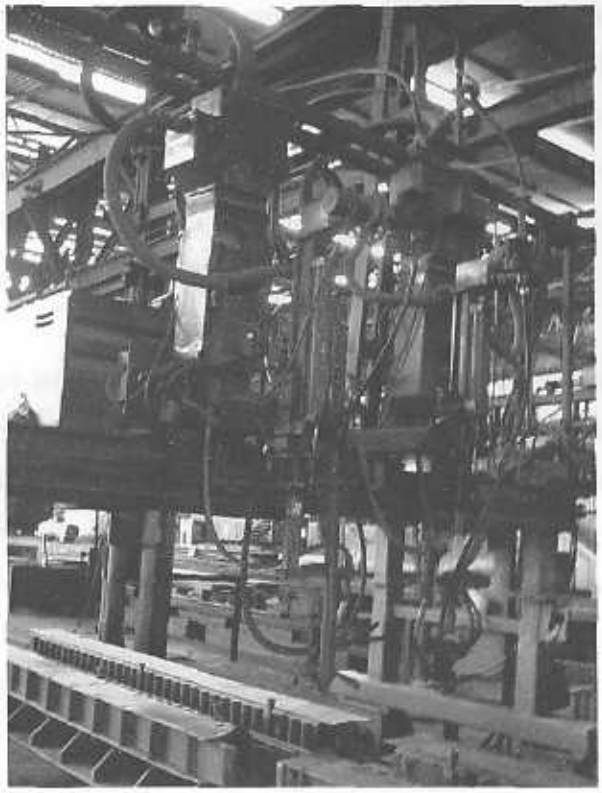


Fig. E.1 – Máquina de soldar industrial con doble cabezal para Proceso con Arco Sumergido

En las estimaciones de los Costos Directos con Proceso de Soldadura a Máquina con Arco Sumergido (SAW) hay que tomar en cuenta ciertos aspectos que influyen en el proceso de fabricación de los miembros soldados como lo son: el Ciclo de acción o trabajo, que dependen la corriente utilizada de acuerdo al tipo fuente de energía y la distorsión que se puede causar al miembro soldado, si se pretende incrementar la producción para reducir los costos laborales, cuando se utilizan máquinas con doble cabezal. También hay que establecer procedimientos que limiten las velocidades a rangos admisibles de tal manera que no se produzcan defectos por altas o bajas velocidades y utilizar corrientes directas estables de forma que no se generen soplos de arco.

Para soldar con arco sumergido son adecuados varios tipos de fuente de energía, pero para una aplicación dada, la fuente debe seleccionarse considerando algunos factores, ya que ésta juega un papel importante desde el punto de vista operacional. Se pueden usar motores

rectificadores o moto-generadores que suministran corriente directa de voltaje constante o de corriente constante, y también se utilizan máquinas de corriente alterna.

Las fuentes de voltaje constante se emplean con el método de aplicación semiautomático, mismo que involucra electrodos de diámetros de 2.4 mm (3/32") y menores, aunque también se emplean para soldadura mecanizada y automática con alambres de diámetros mayores y con corrientes de 300 a 1000 amperios. Debido a que la soldadura con corriente directa provoca soplos de arco severos cuando se emplean amperajes altos, su uso está limitado a intensidades de 1000 amperios. Este tipo de fuentes es adecuado para soldar aceros de espesor delgado a altas velocidades

Ciclo de Trabajo para una Fuente de Energía: el ciclo de trabajo de una máquina de soldar es el porcentaje del período de tiempo (10 minutos, por ejemplo) que puede operar a una corriente de soldadura establecida. Así, una máquina clasificada como de 300 Amperios a un ciclo de trabajo de 60%, significa que la maquina puede operarse seguramente a una corriente de 300 Amperios durante 6 de cada 10 minutos. Muchas máquinas industriales de corriente constante están rateadas a un ciclo de acción de 60%. A continuación se presentan en la siguiente tabla el Ciclo de Acción de algunas fuentes:

Un Equipo DC-600 para multiprocesos: Stick, TIG, MIG, Flux-Cored, Submerged Arc, Gouging; posee un alto rendimiento capaz de operar 24 horas al días los 7 días de la semana.
Con un ciclo de trabajo de 600 A al 44% y un rango de salida de 70 a 780 A de C.D.

Otros Equipos	Ciclo de trabajo	Rango de salida C.D.
DC - 1000	1000 A. al 44%	150 - 1300 A.
R3R - 500	500 A. al 60% 600 A. al 35%	75 - 625 A.

Taba E.1 - Ciclo de Trabajo en el Proceso con Arco Sumergido

Calor aportado (input heat): es la energía calorífica que se introduce en la junta soldada en cada paso de soldadura, e influye de manera directamente proporcional en la velocidad de enfriamiento. En procesos de soldadura con arco su término es *arc energy input*, y puede se expresada, para una primera aproximación, como:

$$\text{Calor aportado} = \frac{V * I}{S} * 60 \quad \text{[J/pulg.]}$$

Donde:

V = voltaje de la soldadura con arco, volts (V.)

I = corriente de la soldadura con arco, amperios (A.)

S = velocidad de viaje de la fuente de calor, (pulg/min) o (IPM)

Debido a que no todo el calor generado por el arco se introduce en la junta, puede aplicarse un factor de eficiencia en la fórmula anterior. Se sugiere los valores siguientes:

75 – 80% para métodos de aplicación manual

80 – 90% para métodos de aplicación semiautomática y mecanizada

90 – 100% para el proceso con Arco Sumergido, con métodos de aplicación mecanizada y automática

El excesivo calor aportado por paso de soldadura puede incrementar los esfuerzos residuales y la distorsión.

Distorsión: El calor que se genera durante las operaciones de unión y la fusión y la solidificación del metal de soldadura provocan la expansión y contracción térmica, de las partes soldadas, mismas que generan esfuerzos de gran magnitud. Tales esfuerzos permanecen en las partes soldadas después de que éstas se han enfriado y causan algún *Grado de Distorsión*, que puede llegar a ser tan severa como para exceder las tolerancias dimensionales e inutilizar tales partes. El establecimiento de secuencias de soldadura apropiadas por lo general resulta particularmente útil para balancear los esfuerzos y reducir la distorsión.

Distorsión Angular: varía directamente con el ancho (bf) del ala y el tamaño del filete (ts) e inversamente con el espesor (tf) del ala. El límite admisible de la distorsión angular medida de acuerdo a la AWS se aproxima al 1% del ancho del ala o ¼ de pulgada, cualquiera que sea mayor.

$$\text{Distorsión Angular} = \frac{0{,}02 * bf * ts^{1.3}}{tf^{2}} \quad \text{[pulg]}$$

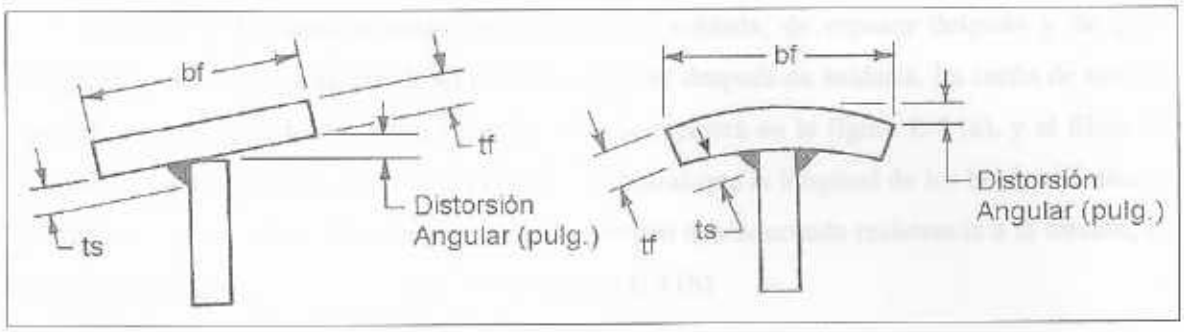


Fig. E.2 - Distorsión Angular

Distorsión Longitudinal o Pandeo: resulta de una fuerza de contracción aplicada a cierta distancia del eje neutro en un miembro. La cantidad de distorsión depende del momento de contracción y la resistencia del miembro al doblamiento, como el indicado por su momento de inercia. Asumiendo que no existen esfuerzos iniciales, la siguiente ecuación pude ser usada para calcular la distorsión de un miembro resultante de soldaduras longitudinales:

$$\text{Distorsión Longitudinal} = \frac{0{,}005 * A * d * L^2}{I} \text{ [pulg]}$$

Donde:

A = área total de la sección transversal del metal de soldadura y la fusión del metal base (pulg^2) el cual puede ser estimada del tamaño de la soldadura de filete (ts)

I = momento de inercia del miembro (pulg^4)

L = longitud del miembro (pulg)

d = distancia del centro de gravedad de la soldadura al eje neutro

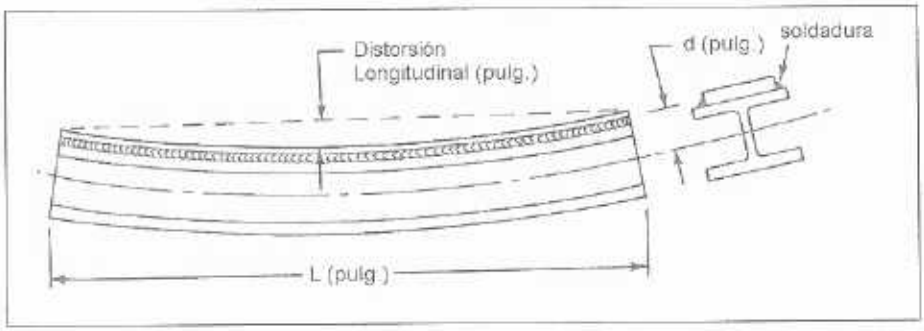


Fig. E.3 - Distorsión longitudinal

Pandeo y Torsión: algunas veces una viga soldada, de espesor delgado y de gran longitud se dobla hacia afuera de su posición original después de soldarla. La razón de esto es que el miembro está hecho de tres partes como se muestra en la figura E.4 (a), y el filete de soldadura ha acortado las alas hacia el centro, mientras que la longitud de los bordes de afuera permanece sin cambios. A menos que las alas tengan una adecuada resistencia a la torsión, el doblamiento resulta como se muestra en la figura E.4 (b)

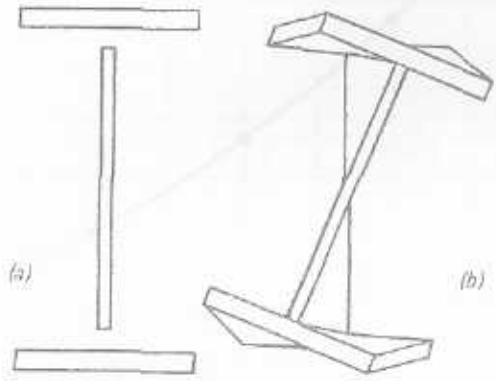
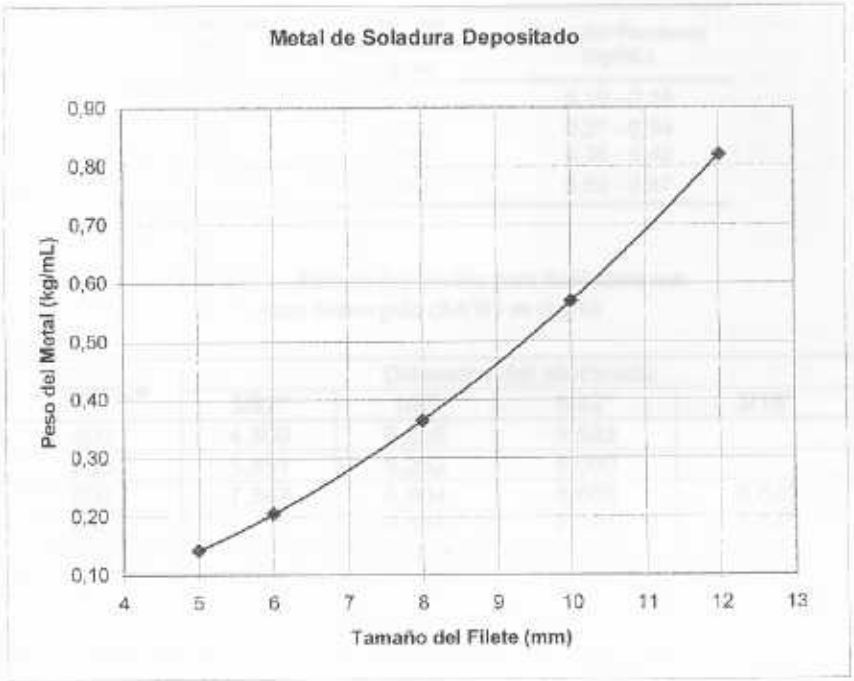
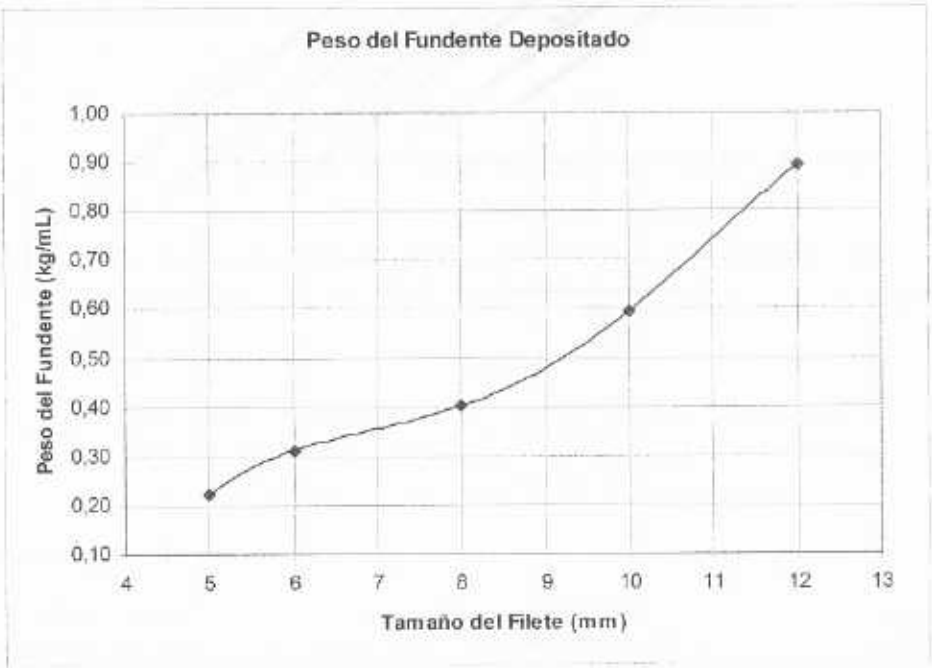


Fig. E.4 - La soldadura de filete tiende a encoger las alas a lo largo de una viga delgada guiando al doblez como se muestra en la figura (b)

Gráficas utilizadas para conocer el material consumido en soldaduras de filetes con Procesos de Arco Sumergido (SAW) y Arco Metálico Protegido (SMAW).



Gráfica E.1 – Peso del metal depositado para los casos cuando el filete es con perfil convexo.



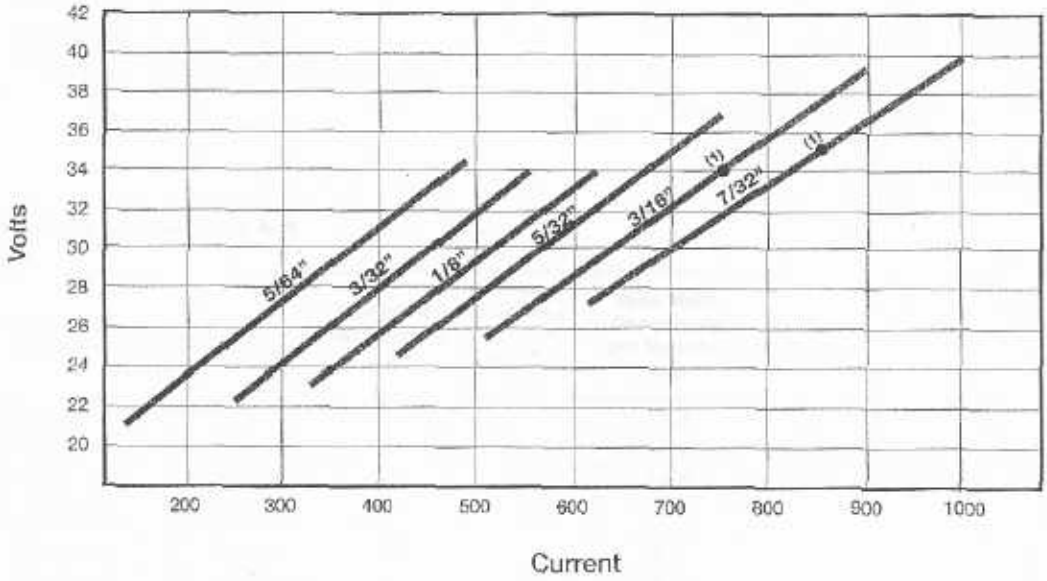
Gráfica E.2 - Peso del fundente depositado. Se aplica únicamente en filetes de soldadura con proceso SAW.

Tabla E.2 - Peso del metal depositado (WW) y peso del fundente de acuerdo al tamaño del filete de soldadura

Tamaño del Filete (mm)	Peso del Metal Soldado (kg/ml)	Peso del Fundente (kg/mL)
5	0,142	0,19 - 0,25
6	0,205	0,27 - 0,34
8	0,364	0,36 - 0,45
10	0,569	0,52 - 0,67

[1]Tabla E.3 - Rata de deposición para Soldadura con Arco Sumergido (SAW) en (kg/h)

Amperaje	Diámetro del electrodo			
	3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
400	4,309	3,856	3,583	
500	5,851	5,262	5,080	
600	7,847	6,804	6,668	6,620
700		8,618	8,301	7,847
800		10,705	9,979	9,526



Check meter accuracy periodically. The above chart is for welds made with 700 series fluxes, L-60 electrode, DC (+) polarity and 1-1/2" electrical stickout. When welding on DC (-), increase above recommended voltage by 4 volts. Voltages for longer stickout should be raised per bulletin C6.600.

(1) Maximum voltage for 781 flux.

Gráfica E.3 – Máximo voltaje en Procesos con Arco Sumergido (SAW) para soldaduras con pases múltiples de acuerdo al diámetro del electrodo L-60, polaridad positiva con Corriente Directa (DC +) y una separación de la boquilla de 1 ½".

[1] Los valores de la Tabla E.3 corresponden a un solo electrodo con polaridad positiva y una separación a la boquilla de la máquina de soldar de 1 pulgada. Agregar 30% a 50% cuando la polaridad es negativa

PESO DEL METAL DEPOSITADO Y FUNDENTE - PROCESO DE SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO (SAW)

Perfil	Tamaño del Filete (mm)	Nº de Juntas	Peso Metal Depositado (kg/mL)	Peso del Fundente (kg/mL)
SS	8	4	0,364	0,39
TS	5	2	0,142	0,22

Armaduras Principales (Izquierda y Derecha)

Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Peso Fundente por Miembro (kg)	Peso Metal Depositado por Miembro (kg)	Nº de Miembros	Peso Fundente (kg)	Peso Metal Depositado (kg)
Longitudinal	TS 150x22.8	6	2,6	1,7	8	21	13,6
Vertical	SS 350x45	8	12,5	11,6	18	225	209,7
Diagonal	SS 350x169	9,65	15,1	14,1	4	60	56,2
Diagonal	SS 350x100	10,25	16,0	14,9	4	64	59,7
Diagonal	SS 350x82	10	15,6	14,6	4	62	58,2
Diagonal	SS 350x52	10	15,6	14,6	8	125	116,5
Diagonal	SS 350x45	4,2	6,6	6,1	4	26	24,5
Diagonal	TS 150x22.8	3,30	1,5	0,9	4	6	3,7
					Total Requerido	**589**	**542**

Nivel Inferior - Sección A-A

Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Peso Fundente por Miembro (kg)	Peso Metal Depositado por Miembro (kg)	Nº de Miembros	Peso Fundente (kg)	Peso Metal Depositado (kg)
Longitudinal	SS 350x144	12	18,7	17,5	4	75	69,9
Longitudinal	SS 350x121	12	18,7	17,5	4	75	69,9
Longitudinal	SS 350x169	12	18,7	17,5	2	37	34,9
Longitudinal	SS 400x96	12	18,7	17,5	20	374	349,4
Diagonal	TS 150x22.8	7,65	3,4	2,2	12	40	26,1
Diagonal	TS 195x38.5	7,65	3,4	2,2	8	27	17,4
Transversal	SS 850x157	9,10	14,2	13,2	9	128	119,2
Transversal	SS 850x257	9,10	14,2	13,2	2	28	26,5
					Total Requerido	**785**	**713**

Nivel Superior - Sección B-B

Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Peso Fundente por Miembro (kg)	Peso Metal Depositado por Miembro (kg)	N° de Miembros	Peso Fundente (kg)	Peso Metal Depositado (kg)
Longitudinal	SS 350x144	12	18,7	17,5	4	75	69,9
Longitudinal	SS 350x188	12	18,7	17,5	4	75	69,9
Longitudinal	SS 200x37	9,10	14,2	13,2	9	128	119,2
Longitudinal	SS 200x37	7,65	11,9	11,1	16	191	178,2
					Total Requerido	**468**	**437**

Sección C-C y D-D

Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Peso Fundente por Miembro (kg)	Peso Metal Depositado por Miembro (kg)	N° de Miembros	Peso Fundente (kg)	Peso Metal Depositado (kg)
Longitudinal	SS 200x37	9,10	14,2	13,2	5	71	66,2
Diagonal	TS 195x38.5	2,85	1,3	0,8	20	25	16,2
					Total Requerido	**96**	**82**

Peso Total Requerido del Fundente y Metal Depositado

Perfil	Peso del Fundente (kg)	Peso del Metal Depositado (kg)
SS	1.819	1.698
TS	119	77
Total	**1.939**	**1.775**

ANÁLISIS DE COSTOS PARA SOLDADURAS DE FILETE EN JUNTAS "T" CON PROCESO DE ARCO SUMERGIDO - SAW

Máquina de Soldar Industrial con un Solo Cabezal

Sentido del Miembro	Perfiles	Espesor del alma (tw)
Longitudinal / transversal	SS	5/16" (8 mm) ≤ tw ≤ 5/8" (16 mm)

Peso de los Consumibles

Tamaño del Filete (mm)	8
Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	0,364
Eficiencia de Deposición (DE)	1,00
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	0,364
Peso del Fundente (WF) (kg/mL)	0,39

Costo de los Consumibles

Diámetro del Alambre	3/32"	1/8"	5/32"
Tipo de Alambre	L-61 EM12K	L-61 EM12K	L-61 EM12K
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	7.849	7.795	7.468
Costo del Fundente (CF) (Bs/kg)	4.742	4.742	4.742
Tipo de Fundente	neutro 860	neutro 860	neutro 860
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	4.719	4.699	4.580

Nota: los costos del alambre y fundente provienen de los anexos F.5 y F.6

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,5
Operador de Máquina de Soldar (Bs/h)	3.850
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (100% Visual) (Bs/h)	4.375
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	11.915

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S)

Velocidad máxima (pulg/min)	20
Velocidad mínima (pulg/min)	14

Corriente (A) (CD+)	500			600		
Voltaje (V)	32	29	27	35	33	31
Diámetro del electrodo	3/32"	1/8"	5/32"	3/32"	1/8"	5/32"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	5,851	5,262	5,080	7,847	6,804	6,668
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	0,062	0,069	0,072	0,046	0,054	0,055
Nº de Pases	1	1	1	1	1	1
Velocidad (S) (mL/h)	16,07	14,45	13,96	21,56	18,69	18,32
Velocidad de Viaje (S) (pulg/min)	10,5	9,5	9,2	14,1	12,3	12,0
Observación (S)	BAJA	BAJA	BAJA	OK	BAJA	BAJA
Calor aportado (kJ/pulg)	81,9	82,6	79,6	80,2	87,2	83,6
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	1.483	1.649	1.708	1.105	1.275	1.301
Costo de Soldadura (Bs/mL)	6.201	6.348	6.288	5.824	5.974	5.881
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	76%	74%	73%	81%	79%	78%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	24%	26%	27%	19%	21%	22%

Nota: se tomó como referencia la tabla F.1 de los anexos

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa con Menor Costo	5.824	Bs/mL
Diámetro del electrodo	3/32"	
Velocidad de Viaje (S)	14	IPM
Amperaje	600	A.

ANÁLISIS DE COSTOS PARA SOLDADURAS DE FILETE EN JUNTAS "T" CON PROCESO DE ARCO SUMERGIDO - SAW

Máquina de Soldar Industrial con Doble Cabezal

Sentido del Miembro	Perfiles	Espesor del alma (tw)
Transversal	SS 850x350	5/8" (16 mm)

Peso de los Consumibles

Tamaño del Filete (mm)	8
Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	0,364
Eficiencia de Deposición (DE)	1,00
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	0,364
Peso del Fundente (WF) kg/mL)	0,39

Costo de los Consumibles

Diámetro del Alambre	3/32"	1/8"	5/32"
Tipo de Alambre	L-61 EM12K	L-61 EM12K	L-61 EM12K
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	7.849	7.795	7.468
Costo del Fundente (CF) (Bs/kg)	4.742	4.742	4.742
Tipo de Fundente	neutro 860	neutro 860	neutro 860
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	4.719	4.699	4.580

Nota: los costos del alambre y fundente provienen de los anexos F.5 y F.6

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,5
Operador de Máquina de Soldar (Bs/h)	3.850
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (100% Visual) (Bs/h)	4.375
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	11.915

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S)

Velocidad máxima (pulg/min)	20
Velocidad mínima (pulg/min)	14

Corriente (A) (CD+)	500			600		
Voltaje (V)	32	29	27	35	33	31
Diámetro del electrodo	3/32"	1/8"	5/32"	3/32"	1/8"	5/32"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	5,851	5,262	5,080	7,847	6,804	6,668
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	0,031	0,035	0,036	0,023	0,027	0,027
Nº de Pases	1	1	1	1	1	1
Velocidad (S) (mL/h)	16,07	14,45	13,96	21,56	18,69	18,32
Velocidad de Viaje (S) (pulg/min)	10,5	9,5	9,2	14,1	12,3	12,0
Observación (S)	BAJA	BAJA	BAJA	OK	BAJA	BAJA
Calor aportado (kJ/pulg)	163,8	165,1	159,2	160,3	174,4	167,1
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	741	824	854	553	637	651
Costo de Soldadura (Bs/mL)	5.460	5.523	5.434	5.271	5.336	5.230
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	86%	85%	84%	90%	88%	88%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	14%	15%	16%	10%	12%	12%

Nota: se tomó como referencia la tabla F.1 de los anexos, incluyendo la velocidad de viaje con una variación de ± 15 %

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa recomendada	5.271	Bs/mL
Diámetro del electrodo	3/32"	
Velocidad de Viaje (S)	14	IPM
Amperaje	600	A.

ANÁLISIS DE COSTOS PARA SOLDADURAS DE FILETE EN JUNTAS "T" CON PROCESO DE ARCO SUMERGIDO - SAW

Máquina de Soldar Industrial con un Solo Cabezal

Sentido del Miembro	Perfil	Espesor del alma (tw)
Longitudinal / Diagonal	TS 150x22.8	3/8" (10 mm)
Diagonal	TS 195x38.5	1/2" (13 mm)

Peso de los Consumibles

Tamaño del Filete (mm)	8
Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	0,364
Eficiencia de Deposición (DE)	1,00
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	0,364
Peso del Fundente (WF) (kg/mL)	0,39

Costo de los Consumibles

Diámetro del Alambre	3/32"	1/8"	5/32"
Tipo de Alambre	L-61 EM12K	L-61 EM12K	L-61 EM12K
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	7.849	7.795	7.468
Costo del Fundente (CF) (Bs/kg)	4.742	4.742	4.742
Tipo de Fundente	neutro 860	neutro 860	neutro 860
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	2.168	2.160	2.114

Nota: los costos del alambre y fundente provienen de los anexos F.5 y F.6

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,5
Operador de Máquina de Soldar (Bs/h)	3.850
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (100% Visual) (Bs/h)	4.375
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	11.915

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S)

Velocidad máxima (pulg/min)	30
Velocidad mínima (pulg/min)	24

Corriente (A) (CD+)	400			500		
Voltaje (V)	28	26	24	32	29	27
Diámetro del electrodo	3/32"	1/8"	5/32"	3/32"	1/8"	5/32"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	4,309	3,856	3,583	5,851	5,262	5,080
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	0,033	0,037	0,040	0,024	0,027	0,028
N° de Pases	1	1	1	1	1	1
Velocidad (S) (mL/h)	30,34	27,15	25,23	41,19	37,05	35,76
Velocidad de Viaje (S) (pulg/min)	19,9	17,8	16,6	27,0	24,3	23,5
Observación (S)	BAJA	BAJA	BAJA	OK	OK	BAJA
Calor aportado (kJ/pulg)	30,4	31,5	31,3	32,0	32,2	31,1
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	786	878	945	579	643	666
Costo de Soldadura (Bs/mL)	2.954	3.038	3.059	2.747	2.804	2.780
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	73%	71%	69%	79%	77%	76%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	27%	29%	31%	21%	23%	24%

Nota: se tomó como referencia la tabla F.1 de los anexos, incluyendo la velocidad de viaje con una variación de ± 15 %

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa con Menor Costo	2.747	Bs/mL
Diámetro del electrodo	3/32"	
Velocidad de Viaje (S)	27	IPM
Amperaje	500	A.

Perfiles SS (ts = 8 mm). Se puede apreciar una disminución del 50% de los costos laborables con la utilización de una máquina con doble cabezal en comparación con la de un solo cabezal, pero el calor aportado se incrementó al doble, lo que pudiera generar distorsión en el material fuera de las tolerancias y el cual habría que verificarlo en la práctica.

La velocidad de viaje en la máquina con un solo cabezal pudiera incrementarse, dependiendo de los resultados del Procedimiento de Soldadura (EPS), para evitar que se genere un exceso de convexidad en los filetes, el cual pudiera concentrar esfuerzos.

La alternativa recomendada en la máquina con doble cabezal, si bien es ligeramente mayor que la de menor costo, conviene ya que velocidades bajas producen un exceso del calor aportado que pueden generar distorsiones en el material. De ser necesario la velocidad se pudiera llevar hasta su límite máximo

La alternativa con doble cabezal se tomará solamente como ejemplo de un caso particular, y no se incluirá en el cálculo de presupuesto del proceso de soldadura, ya que son únicamente dos vigas transversales SS 850x257, pertenecientes a los extremos del nivel inferior del puente (sección A-A), que no representan un incremento significativo en el presupuesto total.

Perfiles TS (ts = 5 mm). Se observa que la velocidad de viaje influye notablemente para que el calor aportado se mantenga, aun cuando se ha aumentado la corriente en 100 A. (de 400 A. a 500 A.); si bien esto es conveniente para que el material no se distorsione, puede causar la aparición de defectos como socavaciones o gargantas insuficientes si se llegara a exceder la velocidad límite permisible. Por lo tanto, es necesaria la elaboración de una Especificación del Procedimiento de soldadura con máquina (EPS) para verificar experimentalmente los rangos de velocidades.

COSTO DEL PROCESO DE SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO (SUBMERGED ARC WELDING - SAW)

Perfil	Tamaño del Filete (mm)	Nº de Juntas	Costo de Soldadura (Bs/mL)
SS	8	4	5.824
TS	5	2	2.747

Armaduras Principales (Izquierda y Derecha)

Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Costo de Soldadura por Miembro (Bs)	Nº de Miembros	Costo de Soldadura (Bs)
Longitudinal	TS 150x22.8	6,00	32.964	16	527.424
Vertical	SS 350x45	8,00	186.368	18	3.354.624
Diagonal	SS 350x169	9,65	224.806	4	899.226
Diagonal	SS 350x100	10,25	238.784	4	955.136
Diagonal	SS 350x82	10,00	232.960	4	931.840
Diagonal	SS 350x52	10,00	232.960	8	1.863.680
Diagonal	SS 350x45	4,20	97.843	4	391.373
Diagonal	TS 150x22.8	3,30	18.130	4	72.521
				Total	**8.995.823**

Nivel Inferior - Sección A-A

Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Costo de Soldadura por Miembro (Bs)	Nº de Miembros	Costo de Soldadura (Bs)
Longitudinal	SS 350x144	12,00	279.552	4	1.118.208
Longitudinal	SS 350x121	12,00	279.552	4	1.118.208
Longitudinal	SS 350x169	12,00	279.552	2	559.104
Longitudinal	SS 400x96	12,00	279.552	20	5.591.040
Diagonal	TS 150x22.8	7,50	41.205	12	494.460
Diagonal	TS 195x38.5	7,50	41.205	8	329.640
Transversal	SS 850x157	9,10	211.994	9	1.907.942
Transversal	SS 850x257	9,10	211.994	2	423.987
				Total	11.542.590

Nivel Superior - Sección B-B

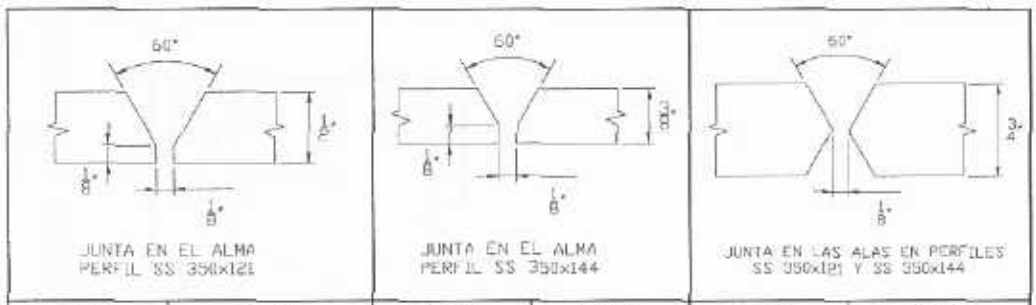
Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Costo de Soldadura por Miembro (Bs)	Nº de Miembros	Costo de Soldadura (Bs)
Longitudinal	SS 350x144	12,00	279.552	4	1.118.208
Longitudinal	SS 350x188	12,00	279.552	4	1.118.208
Transversal	SS 200x37	9,10	211.994	9	1.907.942
Diagonal	SS 200x37	7,50	174.720	16	2.795.520
				Total	6.939.878

Sección C-C y D-D

Sentido del Miembro	Perfil	Longitud del Miembro (m)	Costo de Soldadura por Miembro (Bs)	Nº de Miembros	Costo de Soldadura (Bs)
Transversal	SS 200x37	9,10	211.994	5	1.059.968
Diagonal	TS 195x38.5	2,85	15.658	20	313.158
				Total	**1.373.126**

Total Costo Directo de Proceso SAW = **Bs. 28.851.417**

Tabla E.4 - Peso del Metal de Soldadura Depositado (WW) en el diseño de Juntas a Tope del Puente Matiyure



Area (cm^2)	Peso (kg/mL)	Area (cm^2)	Peso (kg/mL)	Area (cm^2)	Peso (kg/mL)
1,076	0,846	0,648	0,509	1,850	1,454

Nota: Se consideró la altura de refuerzo como un 10% del ancho de la ranura

[2]Tabla E.5 - Rata de deposición para electrodos E7018 con Soldadura de Arco Metálico Protegido (SMAW)

Diámetro Electrodo	Amperaje	*Rata de* deposición (kg/h)	% Eficiencia
3/32"	70	0,621	70,5
	90	0,748	66,3
	110	0,785	64,4
1/8"	120	1,170	71,6
5/32"	140	1,243	70,9
	160	1,356	68,1
	170	1,715	73,5
	200	1,955	73
3/16"	200	2,200	76,4
	250	2,431	74,6
	300	2,545	70,3
7/32"	250	2,948	75
	300	3,266	74

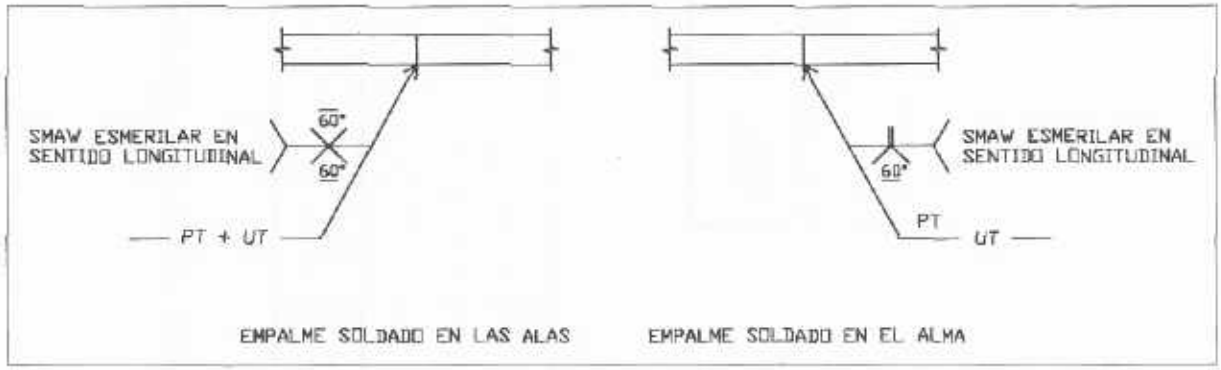


Fig. E.5 - Tipos de juntas que presentan los perfiles SS 350x121 y SS 350x144. También se presenta los Ensayos No Destructivos de Líquidos Penetrante y Ultrasonido aplicados a la junta.

[2] De acuerdo al Manual de la Lincoln el diámetro máximo recomendado para soldar en posición vertical es de 5/32"

PESO DEL METAL DEPOSITADO - PROCESO SE SOLDADURA CON ARCO METÁLICO PROTEGIDO (SHIELDED METAL ARC WELDING - SMAW)

Perfil	Tipo de *Junta*	Ubicación	Soladura *aplicada*	Espesor	Peso Metal Depositado (kg/mL)	Longitud de la Junta (m)	Peso por *Junta (kg)*	N° de Juntas a tope	Peso por conexión (kg)	N° de *miembros*	Peso Metal Depositado (kg)
SS 350x121	A Tope	Alma	Ranura en V	1/2"	0,846	0,35	0,30	1	1,17	4	4,67
		Ala	Ranura en Doble V	3/4"	1,454	0,3	0,44	2			
SS 350x144	A Tope	Alma	Ranura en V	3/8"	0,509	0,35	0,18	1	1,34	4	5,37
		Ala	Ranura en Doble V	3/4"	1,454	0,4	0,58	2			
										Total	10,04

Tipo de Elemento	Perfil	Tamaño del Filete (mm)	Peso Metal Depositado (kg/mL)	Perimetro Soldado (m)	Peso por Junta (kg)	N° de Elementos	Peso Metal Depositado (kg)
Rigidizador	SS 850x257	8	0,364	2,34	0,43	8	6,81
Conector	SS 850x257 SS 850x157	5	0,142	0,48	0,07	550	37,49
						Total	44,30

Peso Total Requerido del Metal Depositado = **54.34 kg**

ANÁLISIS DE COSTOS EN SOLDADURAS CON JUNTAS A TOPE Y PROCESO DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO - SMAW

Sentido del Miembro	Perfil	Espesor del alma	Tipo de Junta en el alma	Soldadura aplicada en el alma	Posición del Soldador
Longitudinal	SS 350x121	1/2" (13 mm)	a Tope	Ranura en "V"	1G ó 3G

Peso de los Consumibles

Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	0,846
Eficiencia de Deposición (DE)	0,65
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	1,302

Costo de los Consumibles

Diámetro del electrodo[3]	1/8"	5/32"	3/16"
Clase de electrodo	7018	7018	7018
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	7.141	6.923	7.032
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	9.294	9.010	9.152

Nota: los costos del electrodo provienen del anexo F.7

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,25
Soldador de 1era (Bs/h)	3.690
Ayudante (Bs/h)	2.944
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (PT y UT) (Bs/h)	5.625
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	15.949

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S) (posición vertical 3G)

Velocidad máxima (pulg/min)	5
Velocidad mínima (pulg/min)	3

Corriente (A) (AC)	120	170	200
Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	3/16"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	1,170	1,715	2,200
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	0,723	0,493	0,385
Rendimiento (mL/h)	1,38	2,03	2,60
Nº de Pases	4	4	4
Velocidad de Viaje por pase (S) (mL/h)	5,53	8,11	10,40
Velocidad de Viaje por pase (S) (pulg/min)	3,6	5,3	6,8
Observación (S)	OK	ALTA	ALTA
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	46.129	31.470	24.532
Costo de Soldadura (Bs/mL)	55.423	40.480	33.684
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	17%	22%	27%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	83%	78%	73%

Nota: se tomó como referencia la tabla F.4 de los anexos.

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa recomendada	55.423	Bs/mL
Diámetro el electrodo	1/8"	
Amperaje	120	A.

[3] Para posición de soldadura 3G se recomienda utilizar un diámetro de electrodo no mayor de 5/32"

ANÁLISIS DE COSTOS EN SOLDADURAS CON JUNTAS A TOPE Y PROCESO DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO - SMAW

Sentido del Miembro	Perfil	Espesor del alma	Tipo de Junta en el alma	Soldadura aplicada en el alma	Posición del Soldador
Longitudinal	SS 350x144	3/8" (10 mm)	a Tope	Ranura en "V"	1G

Peso de los Consumibles

Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	0,509
Eficiencia de Deposición (DE)	0,65
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	0,783

Costo de los Consumibles

Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	5/32"
Clase de electrodo	7018	7018	7018
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	7.141	6.923	6.923
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	9.294	5.421	5.421

Nota: los costos del electrodo provienen del anexo F.7

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,25
Soldador de 1era (Bs/h)	3.690
Ayudante (Bs/h)	2.944
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (PT y UT) (Bs/h)	5.625
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	15.949

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S)

Velocidad máxima (pulg/min)	8
Velocidad mínima (pulg/min)	6

Corriente (A) (AC)	120	140	170
Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	5/32"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	1,170	1,243	1,715
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	0,435	0,409	0,297
Rendimiento (mL/h)	2,30	2,44	3,37
Nº de Pases	4	4	4
Velocidad de Viaje por pase (S) (mL/h)	9,19	9,77	13,48
Velocidad de Viaje por pase (S) (pulg/min)	6,0	6,4	8,8
Observación (S)	OK	OK	ALTA
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	27.754	26.124	18.934
Costo de Soldadura (Bs/mL)	33.346	31.545	24.355
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	16,8%	17,2%	22,3%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	83,2%	82,8%	77,7%

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa recomendada	31.545	Bs/mL
Diámetro el electrodo	5/32"	
Amperaje	140	A.

ANÁLISIS DE COSTOS EN SOLDADURAS CON JUNTAS A TOPE Y PROCESO DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO - SMAW

Sentido del Miembro	Perfiles	Espesor de las alas	Tipo de Junta en las alas	Soldadura aplicada en las alas	Posición del Soldador
Longitudinal	SS 350x121 SS 350x144	3/4" (19 mm)	a Tope	Ranura en Doble "V"	1G ó 3G

Peso de los Consumibles

Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	1,454
Eficiencia de Deposición (DE)	0,65
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	2,237

Costo de los Consumibles

Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	3/16"
Clase de electrodo	7018	7018	7018
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	6.923	7.032	6.923
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	15.485	15.729	15.485

Nota: los costos del electrodo provienen del anexo F.7

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,20
Soldador de 1era (Bs/h)	3.690
Ayudante (Bs/h)	2.944
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (PT y UT) (Bs/h)	5.625
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	15.949

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S) (posición plana 1G)

Velocidad máxima (pulg/min)	7
Velocidad mínima (pulg/min)	5

Corriente (A) (AC)	120	170	200
Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	3/16"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	1,170	1,715	2,200
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	1,243	0,848	0,661
Rendimiento (mL/h)	0,80	1,18	1,51
Nº de Pases	9	7	7
Velocidad de Viaje por pase (S) (mL/h)	7,24	8,26	10,59
Velocidad de Viaje por pase (S) (pulg/min)	4,8	5,4	6,9
Observación (S)	BAJA	OK	OK
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	99.102	67.609	52.704
Costo de Soldadura (Bs/mL)	115.075	83.094	68.433
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	14%	19%	23%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	86%	81%	77%

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa con Menor Costo	68.433	Bs/mL
Diámetro el electrodo	3/16"	
Amperaje	200	A.

ANÁLISIS DE COSTOS EN SOLDADURAS CON JUNTAS A TOPE Y PROCESO DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO - SMAW

Tipo de elemento	Espesor	Ubicación	Soldadura aplicada	Posición del Soldador
Rigidizador	1/2" (13 mm)	SS 850x257	Filete	2F y 3F

Peso de los Consumibles

Tamaño del Filete (mm)	8
Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	0,364
Eficiencia de Deposición (DE)	0,65
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	0,560

Costo de los Consumibles

Diámetro del electrodo[4]	1/8"	5/32"	3/16"	7/32"
Clase de electrodo	7018	7018	7018	7018
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	7.141	6.923	7.032	5.313
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	3.999	3.877	3.938	2.976

Nota: los costos del electrodo provienen del anexo F.7

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,30
Soldador de 1era (Bs/h)	3.690
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (100% VT y 10 PT) (Bs/h)	4.375
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	11.755

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S) (posición plana 2F)

Velocidad máxima (pulg/min)	8
Velocidad mínima (pulg/min)	6

Corriente (A) (AC)	120	170	200	250
Diámetro del electrodo	1/8"	5/32"	3/16"	7/32"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	1,170	1,715	2,200	2,948
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	0,311	0,212	0,165	0,123
Rendimiento (mL/h)	3,21	4,71	6,04	8,10
Nº de Pases	3	2	2	2
Velocidad de Viaje por pase (S) (mL/h)	9,64	9,42	12,09	16,196
Velocidad de Viaje por pase (S) (pulg/min)	6,3	6,2	7,9	10,6
Observación (S)	OK	OK	OK	ALTA
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	12.192	8.317	6.484	4.839
Costo de Soldadura (Bs/mL)	16.191	12.194	10.422	7.815
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	25%	32%	38%	38%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	75%	68%	62%	62%

Nota: se tomó como referencia la tabla F.3 de los anexos, incluyendo la velocidad de viaje con una variación de ± 15 %

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa recomendada	10.422	Bs/mL
Diámetro el electrodo	3/16"	
Amperaje	200	A.

[4] Utilizar posición 2F en la mayor parte de la soldadura

ANÁLISIS DE COSTOS EN SOLDADURAS CON JUNTAS A TOPE Y PROCESO DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO - SMAW

Tipo de elemento	Perfil	Ubicación	Soldadura aplicada	Posición del Soldador
Conector	UPN 100	SS 850x257 SS 850x157	Filete	2F

Peso de los Consumibles

Tamaño del Filete (mm)	5
Peso del Metal Depositado (WW) (kg/mL)	0,142
Eficiencia de Deposición (DE)	0,65
Peso del Electrodo Consumido (WE) (kg/mL)	0,219

Costo de los Consumibles

Diámetro del electrodo	3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
Clase de electrodo	7018	7018	7018	7018
Costo del Electrodo (CE) (Bs/kg)	7.904	7.141	6.923	7.032
Costo del Material Consumido (CM) (Bs/mL)	1.727	1.560	1.513	1.537

Nota: los costos del electrodo provienen del anexo F.7

Costos Operacionales

Factor de Operación (OF)	0,25
Soldador de 1era (Bs/h)	3.690
Operador de Grúa de 2da (Bs/h)	3.690
Inspección (100% VT y 10 PT) (Bs/h)	4.375
Costo Total de Mano de Obra (CR) (Bs/h)	*11.755*

Nota: para los salarios del personal se empleo el anexo F.8

Condición de Velocidad de Viaje (S)

Velocidad máxima (pulg/min)	12
Velocidad mínima (pulg/min)	9

Corriente (A) (AC)	110	120	170	200
Diámetro del electrodo	3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
Rata de Deposición (D) (kg/h)	0,785	1,170	1,715	2,200
Tiempo de Arco (T) (h/mL)	0,181	0,121	0,083	0,065
Rendimiento (mL/h)	5,53	8,24	12,07	15,49
N° de Pases	2	2	2	1
Velocidad de Viaje por pase (S) (mL/h)	11,05	16,47	24,15	15,49
Velocidad de Viaje por pase (S) (pulg/min)	7,3	10,8	15,8	10,2
Observación (S)	BAJA	OK	ALTA	OK
Costos Laborables (CL) (Bs/mL)	8.508	5.708	3.894	3.036
Costo de Soldadura (Bs/mL)	10.235	7.269	5.407	4.572
Porcentaje de Costo de Materiales CM)	17%	21%	28%	34%
Porcentaje de Costo Laboral (CL)	83%	79%	72%	66%

Nota: se tomó como referencia la tabla F.3 de los anexos, incluyendo la velocidad de viaje con una variación de ± 15 %

COSTO DIRECTOS DE SOLDADURA

Alternativa con Menor Costo	4.572	Bs/mL
Diámetro el electrodo	3/16"	
Amperaje	200	A.

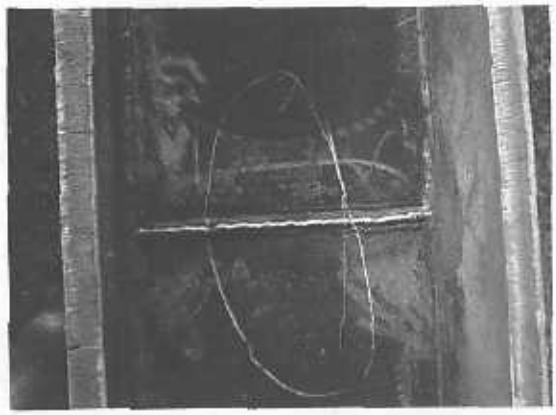
COSTO DEL PROCESO DE SOLDADURA CON ARCO METÁLICO PROTEGIDO (SHIELDED METAL ARC WELDING - SMAW)

Perfil	Tipo de Junta	Ubicación	Soladura aplicada	Espesor	Costo (Bs/mL)	*Longitud de* la Junta (m)	Costo por Junta (kg)	N° de Juntas a tope	*Costo por* conexión (Bs)	N° de miembros	Costo (Bs)
SS 350x121	A Tope	Alma	Ranura en V	1/2"	55.423	0,35	19.398	1	60.458	4	241.832
		Ala	Ranura en Doble V	3/4"	68.433	0,3	20.530	2			
SS 350x144	A Tope	Alma	Ranura en V	3/8"	31.545	0,35	9.143	1	65.787	4	263.149
		Ala	Ranura en Doble V	3/4"	68.433	0,4	27.373	2			
										Total	**504.982**

Tipo de Elemento	*Perfil*	Costo por (Bs/mL)	Perimetro Soldado (m)	Costo por Unidad	N° de Elementos	Costos (Bs)
Rigidizador	SS 350x257	10.422	2,34	24.387	8	195.098
Conector	UPN 100	4.572	0,48	2.195	550	1.207.099
					Total	**1.402.197**

Total Costo Directo del Proceso SMAW = **Bs. 1.899589**

Diagonales del Nivel Inferior. Perfil SS 200x37



Junta a tope en el alma con Proceso SAW. Perfil SS 350x144

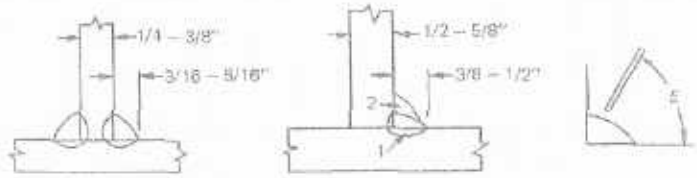
Viga longitudinal. Perfil SS 350x144

Fig. E.6 – Miembros soldados utilizados en el Puente Matiyure

Anexo F - Tablas utilizadas en el Análisis de Costos del Proceso de Soldadura

Tabla F.1 - Proceso de Soldadura con Arco Sumergido (SAW) Mecanizado

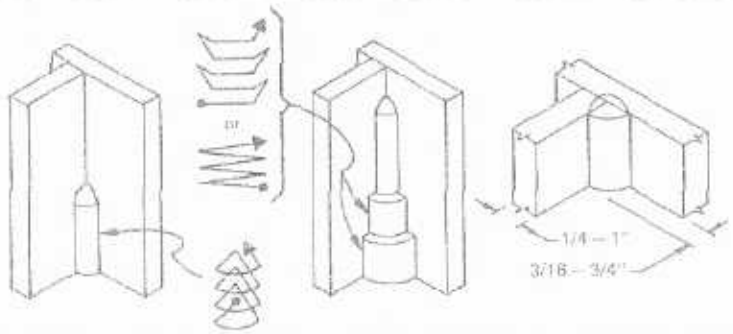
Posición de la Soldadura: Horizontal
Nivel de calidad de la soldadura: Comercial
Disponibilidad del acero: Buena



Tamaño del filete de soldadura (pulg)	3/16	1/4	5/16	3/8		1/2	
Espesor de la plancha (pulg)	1/4	5/16	3/8	1/2		5/8	
Número de Pases	1	1	1	1	1	1	1
Tamaño del electrodo	3/32	3/32	3/32	3/32	3/32	3/32	3/32
Corriente (amp) (DC-)	450	500	550	500	500	500	500
Voltaje (V)	34	36	38	36	36	36	36
Velocidad del arco (pulg/min)	45	32	24	28	28	16.5	16.5
Peso del electrodo requerido (kg/mL)	0.119	0.193	0.298	0.432		0.729	
Peso del fundente requerido (kg/mL)	0.193 – 0.253	0.268 – 0.342	0.357 – 0.446	0.521 – 0.670		0.893 – 1.116	
Tiempo Total (h/mL de soldadura)	0.0146	0.0205	0.0273	0.0469		0.0797	
Angulo del electrodo, E (Grados)	50	50	50	65	40	65	40

Tabla F.2 - Proceso de Soldadura con Arco Metálico Protegido (SMAW) para filetes en posición vertical

Posición de la Soldadura: Vertical
Nivel de calidad de la soldadura: Código
Disponibilidad del acero: Justa



Tamaño del filete de soldadura (pulg)		3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4
Espesor de la plancha (pulg)		1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	1
Número de Pases		1	1	1	1	1	1	1
Electrodo	Clase	E7018	E7018	E7018	E7018	E7018	E7018	E7018
	Tamaño	1/8	1/8	1/8	5/32	5/32	5/32	5/32
Corriente (amp) (DC+)		135	140	140	150	150	150	150
Velocidad del arco (pulg/min)		5.4 – 5.8	3.8 – 4.2	2.3 – 2.5	1.8 – 2.0	1.1 – 1.3	1.9 – 2.1*	1.9 – 2.1*
Peso del electrodo requerido (kg/mL)		0.231	0.344	0.552	0.827	1.376	2.098	3.140
Tiempo Total (h/mL de soldadura)		0.1171	0.1640	0.2733	0.3445	0.5479	0.8563	1.2762

* Solamente en el primer pase. Varíe la velocidad en los pases sucesivos para obtener tamaños apropiados

Tabla F.3 - Proceso de Soldadura con Arco Metálico Protegido (SMAW) para filetes en posición plana

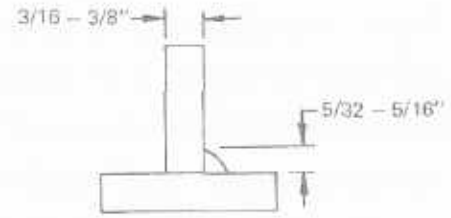
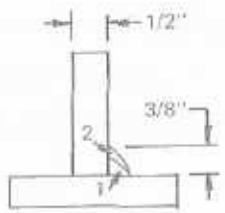
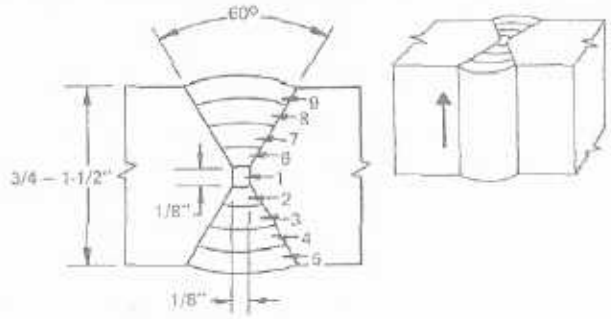
Posición de la Soldadura: plana Nivel de calidad de la soldadura: Código Disponibilidad del acero: Justa						
Tamaño del filete de soldadura (pulg)		5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
Espesor de la plancha (pulg)		3/16	1/4	5/16	3/8	1/2
Número de Pases		1	1	1	1	1 - 2
Electrodo	Clase	E7018	E7018	E7018	E7018	E7018
	Tamaño	3/16	7/32	7/32	1/4	1/4
Corriente (amp) AC		240	275	275	250	350
Velocidad del arco (pulg/min)		12.5 – 13.5	11.0 – 12.0	8.5 – 9.5	6.5 – 7.5	9.5 – 11.5
Peso del electrodo requerido (kg/mL)		0.165	0.208	0.302	0.498	0.714
Tiempo Total (h/mL de soldadura)		0.0505	0.0571	0.0728	0.0938	0.128

Tabla F.4 - Proceso de Soldadura con Arco Metálico Protegido (SMAW) en juntas a tope en posición vertical

Posición de la Soldadura: vertical subiendo Nivel de calidad de la soldadura: Código Disponibilidad del acero: Buena Soldado por: los dos lados									
Espesor de la plancha (pulg)		3/4		1		1 ¼		1 ½	
Número de Pases		1	2 - 5	1	2 - 7	1	2 - 7	1	2 - 9
Electrodo	Clase	6010	7018	6010	7018	6010	7018	6010	7018
	Tamaño	5/32	5/32	5/32	5/32	5/32	5/32	5/32	5/32
Corriente (amp) (DC+)		140	160	140	160	140	160	140	160
Velocidad del arco (pulg/min)		3.5 – 4.1	4.1 – 4.9	3.5 – 4.1	3.5 – 4.1	3.9 – 4.1	2.3 – 2.9	3.5 – 4.1	2.4 – 3.0
Peso del electrodo requerido (kg/mL)		0.357	1.339	0.357	2.470	0.357	3.571	0.357	4.702
Tiempo Total (h/mL de soldadura)		0.755		1.204		1.686		2.116	

Nota: las tablas de la F.1 a la F.4 fueron extraídas del Manual "The Procedure Handbook of Arc Welding"

Lincolweld L-61 AWS (EM12K): es un alambre de bajo carbono, medio manganeso y silicio para uso general, que produce una resistencia a la tracción de 5.000 a 15.000 lb/pulg^2, más que el L-60 dependiendo del fundente y procedimiento usado. Es recomendado para soldaduras de pase simple con los fundente de la serie 700, entre ellos, principalmente el 780, debido a que ayuda a minimizar la porosidad causada por el oxido o laminilla, y reduce las tendencias al agrietamiento en soldaduras de un solo pase en juntas rígidas, particularmente, cuando el metal base tiene un alto contenido de carbono o azufre.

Diámetros: 1/16" (1,6 mm), 5/64" (2,0 mm), 3/32" (2,4 mm), 1/8" (3,2 mm), 5/32" (4,0 mm)

Composición Química

% C:	% Mn:	%Si:
0,05 a 0,15	0,80 a 1,25	0,10 a 0,35

Cambio Divisa extranjera: $1 / Bs. 2150

Tabla F.5 - Precios del alambre Lincolweld L-61 de acuerdo a su contenido

Diámetro	Empaque de 600 lb	Precio $/lb			*Precio Bs/kg		
		100 - 999 lb	1000 - 2999 lb	3,000 - 5,999 lb	45 - 453 kg	454 - 1360 kg	1361 - 2721 kg
3/32"	Speed-Feed Drum	1.72	1.57	1.44	9.375	8.558	7.849
1/8"	Speed-Feed Drum	1.70	1.56	1.43	9.266	8.503	7.795
5/32"	Speed-Feed Drum	1.64	1.50	1.37	8.939	8.176	7.468

* El precio incluye 15% por I.V.A, pero no costos por nacionalización y flete

Fundente neutro Lincolnweld 860. Usado con alambres L-60 o L-61

Tabla F.6 - Precios del fundente Licolnweld 860 de acuerdo a su contenido

Precio $/lb			*Precio Bs/kg		
100 - 999 lb	1000 -2999 lb	3,000 -5,999 lb	45 - 453 kg	454 - 1360 kg	1361 – 2721 kg
1.04	0.96	0.87	5.669	5.233	4.742

* El precio incluye 15% por I.V.A, pero no costos por nacionalización y flete

Lincoln Jetweld LH 78 MR (E7018): este es un electrodo de bajo hidrógeno con resistencia máxima al agrietamiento. Tiene un alto contenido en polvo de hierro y una deposición del electrodo de madia a alta. Resistencia a la humedad absorbida y al soplo de arco, fácil de remover escoria, y mejor apariencia del pase de soldadura.

Tabla F.7 - Precios del electrodo Licolnweld Jetweld LH 78 MR

Diámetro (pulg)	Peso (lb)	Precio ($)	Precio Unitario (lb/$)	*Precio Unitario (Bs/kg)
3/32	50	72.50	1,45	7.904
1/8	50	65.50	1,31	7.141
5/32	50	63.50	1,27	6.923
3/16	50	64.50	1,29	7.032
7/32	50	48.74	0,97	5.313

* El precio incluye 15% por I.V.A, pero no costos por nacionalización y flete

Tabla F.8 - Tabulador de oficios y salarios básicos de la convención colectiva de trabajo 2003-2006

			SALARIO TABULADOR				
Nivel	Oficio	Denominación	Vigentes desde 01/06/2003	Aumentos del 25%	A la fecha de entrada en vigencia	A 12 meses de entrada en vigencia	A 24 meses de entrada en vigencia
2	1.2	Ayudante	13.460	3.365	16.825	20.190	23.555
10	7.1	Soldador de 3ra	14.900	3.725	18.625	22.350	26.075
11	7.2	Soldador de 2da	15.090	3.773	18.863	22.636	26.408
19	7.3	Soldador de 1ra	16.880	4.220	21.100	25.320	29.540
19	5.14	Operador de Grúa (Gruero de 2da)	16.880	4.220	21.100	25.320	29.540
22	5.15	Operador de Grúa (Gruero de 1ra)	17.600	4.400	22.000	26.400	30.800
19	6.9	Operador de Máquinas-Herramientas de 2da	16.880	4.220	21.100	25.320	29.540
22	6.10	Operador de Máquinas-Herramientas de 1ra	17.600	4.400	22.000	26.400	30.800

Salarios correspondientes a un día laboral

Nota: los precios de los insumos corresponden al mes de marzo del 2005.