



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Control de Calidad de Soldadura y Recubrimientos en la
Fabricación de Tubos y Accesorios de Acero para la
Conducción de Agua Potable - Proyecto de Rehabilitación
Grandes Acueductos Plan Huancavilca”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Fabricio Paúl Costa Cañizares

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2013

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las bendiciones que me ha dado y han hecho posible alcanzar esta meta.

Al **Ing. Omar Serrano V.** Director de Tesis, por su apoyo y colaboración para la ejecución de este trabajo.

A mi Esposa por el incondicional apoyo y empuje para desarrollar y cumplir esta meta así como también a mis padres quienes siempre me apoyaron durante todo este periodo, y demás personas que directamente e indirectamente han colaborado con la elaboración de este trabajo

DEDICATORIA

A mis Padres por el esfuerzo que realizaron para darme la oportunidad de poder estudiar.

A mi esposa e hijas por el incondicional apoyo y por quienes seguiré esforzándome para siempre darles lo mejor.

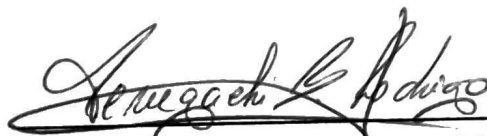
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dr. Kleber Barcia V., Ph. D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Omar Serrano V.
DIRECTOR



Ing. Rodrigo Perugachi B.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Fabricio Paúl Costa Cañizares

RESUMEN

En este documento se implantan especificaciones y procedimientos, sustentados en normativas internacionales, para lograr la correcta fabricación y aplicar los controles de calidad necesarios para garantizar la durabilidad y correcta operación de los tubos y accesorios de acero fabricados para el transporte de agua a presión. La guía principal para este estudio y análisis es la norma AWWA C200 junto con especificaciones establecidas por la empresa responsable de la captación, potabilización, distribución y tratamiento del agua en la ciudad de Guayaquil.

Luego de una investigación sobre los grandes acueductos por los que se transporta el agua potable a todos los sectores urbanos y rurales de la ciudad de Guayaquil, se han definido varios puntos, los cuales ameritan algún tipo de intervención para poder mantener su funcionamiento y servicio.

La meta principal en el desarrollo de esta tesis es obtener una especificación técnica de los controles de calidad necesarios en todos los procesos de fabricación como son: selección de material, soldadura, tratamiento superficial y recubrimientos.

Con la definición de estas especificaciones se podrá obtener y garantizar elementos cuyas propiedades sean perdurables en el tiempo, disminuyendo las frecuencias de mantenimiento y reparación, generando rentabilidad a la empresa concesionaria encargada del manejo del agua.

Resultado del análisis, implementación de las especificaciones dadas en las normativas y procedimientos, este documento queda como una guía general para el control de calidad en la fabricación de los tubos de acero que trabajan a presión. Esta guía puede ser aplicada para cualquier proyecto que se considere esta aplicación, independiente del diámetro.

Estos procesos quedan como una especificación técnica tanto para el fabricante como para el fiscalizador de este tipo de trabajos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
1.1 Justificación e importancia de la rehabilitación de las redes de grandes acueductos de Agua potable.....	4
1.2 Características técnicas de las redes de acueductos de agua Potable.....	6
1.3 Normas aplicables.....	8
CAPÍTULO 2	
2. PROCESO DE FABRICACION DE TUBOS Y ACCESORIOS DE ACERO.....	15
2.1 Selección del tipo de acero.....	16

2.2	Calculo del espesor de lámina de acero.....	17
2.3	Fabricación del tubo o accesorio.....	20
2.3.1	Rolado de planchas.....	20
2.3.2	Soldadura longitudinal y circunferencial.....	22
2.3.3	Tipos de junta aplicables.....	29
2.4	Recubrimientos.....	32
2.4.1	Tratamiento Superficial.....	32
2.4.2	Recubrimiento por pinturas.....	35
2.4.2.1	Recubrimiento Exterior.....	36
2.4.2.2	Recubrimiento Interior.....	37
2.4.3	Curado del recubrimiento.....	38
2.4.4	Recubrimiento por Galvanizado en caliente.....	39

CAPÍTULO 3

3.	APLICACIÓN DE CODIGOS DE SOLDADURA.....	41
3.1	Requerimientos generales.....	41
3.2	Procesos de soldadura.....	42
3.3	Calificaciones.....	43
3.3.1	Proceso para la calificación de las especificaciones de los Procedimientos de soldadura (WPS) y Procedimiento de registro de calificación (PQR).....	44

3.3.2	Proceso para la calificación del soldador y del operador de soldadura (WPQ).....	47
-------	--	----

CAPÍTULO 4

4.	CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA Y RECUBRIMIENTOS.....	51
4.1	Requerimientos generales.....	51
4.2	Inspección de Soldaduras.....	52
4.2.1	Visual.....	54
4.2.2	Líquidos Penetrantes.....	57
4.3	Criterios de Aceptación y Rechazo.....	61
4.4	Control de Reparaciones.....	71
4.5	Preparación de Superficie previa Aplicación del recubrimiento....	72
4.6	Aplicación del Recubrimiento.....	73
4.7	Control de espesores de recubrimiento.....	75
4.8	Criterios de aceptación final del elemento.....	75

CAPÍTULO 5

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
----	-------------------------------------	----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

HPT	Hormigón Pretensado
PEAD	Polietileno de alta densidad
AWWA	American Water Works Association
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing Material
ASME	American Society of Mechanical Engineers
AWS	American Welding Society
ASNT	American Society of Non Destructive Test
SSPC	Steel Structures Painting Council
NACE	National Association of Corrosion Engineers
EN	Comité Europeo de Normalización
KPa	Kilopascales
Mm	milímetros
SMAW	Shielded metal arc welding
GMAW	Gas metal arc welding
MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Active Gas
SAW	Submerged arc welding
WPS	Welding procedure specification (Proceso de calificación de las especificaciones de soldadura)
PQR	Procedure qualification record (Procedimiento de registro de calificación de soldadura)
WQR	Welder qualification record (Proceso para la calificación del soldador y del operador de soldadura)
END	Ensayos No Destructivos
VT	Inspección Visual
PT	Líquidos Penetrantes

MT	Partículas Magnéticas
ET	Electromagnetismo
RT	Radiografías
UT	Ultrasonido

SIMBOLOGÍA

t	Espesor mínimo de la pared del tubo conociendo la presión nominal de trabajo, mm.
P	presión interna de diseño, KPa
D	dímetro externo de la tubería, mm.
S	esfuerzo de diseño mínimo de fluencia del material, KPa
µm	micras
mil	mils
g	gramos
Km	Kilometro

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Estructura del Tubo de Hpt	7
Figura 2.1 Proceso de Soldadura Smaw.	22
Figura 2.2 Soldadura Metálica con Arco Eléctrico y Gas (Gmaw).	24
Figura 2.3 Soldadura con Arco Sumergido	26
Figura 2.4 Tipos de Junta para Soldar	30
Figura 2.5 Elementos Básicos de la Junta	31
Figura 2.6 Diseño Básico de la Junta	31
Figura 4.1 Muestra de Aplicación de Líquido Penetrante	59
Figura 4.2 Esquema de Proceso de Radiografía	60
Figura 4.3 Desalineación de una Junta a Tope.	62
Figura 4.4 Fisura Longitudinal	64
Figura 4.5 Fisura Transversal	64
Figura 4.6 Fisura de Pie	64
Figura 4.7 Fisura de Garganta y de Raíz	64
Figura 4.8 Poros Distribuidos Uniformemente	65
Figura 4.9 Poros Agrupados	65
Figura 4.10 Poros Alineados Unidos por una Fisura	66
Figura 4.11 Poros Superficiales Alargados (Vermicular)	66
Figura 4.12 Socavadura o Mordedura	67
Figura 4.13 Socavadura Adyacente a Soldadura de Bisel	67
Figura 4.14 Socavación en Cordón de Soldadura de Bisel	68
Figura 4.15 Solapado en Soldadura de Filete y Con Bisel	69
Figura 4.16 Concavidad Externa	69
Figura 4.17 Concavidad Interna	69
Figura 4.18 Salpicadura en Vecindad de Cordón de Soldadura	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1	Planchas, Laminas y Coladas de Acero para la Fabricación de Tubos	16
Tabla 2	Espesor Teórico de Tubería de Acero para Transporte de Agua a Presión	18
Tabla 3	Espesores Comerciales para la Fabricación de Tubos de Acero	20
Tabla 5	Perfil de Altura o Rugosidad Aproximada de Acero Tratado con Abrasivos de Tamaño Diferente	34
Tabla 6	Espesor de Recubrimiento por Galvanizado en Caliente Dependiendo el Diámetro	40
Tabla 7	Pruebas de Calificación para Soldadura a Tope	46
Tabla 8	Qw-452.1(A) Muestras de Ensayo	49
Tabla 9	Clasificación de End	52
Tabla 10	Control de Reparaciones de Defectos de Soldadura	71

ÍNDICE DE PLANOS

Tubo de Recambio Acero 1500mm. Para Acueducto HPT-A2

en Acera Parterre

(Ver después del Capítulo 5)

INTRODUCCIÓN

En el transcurso del año 2011 la concesionaria de captación, distribución y tratamiento de aguas de la ciudad de Guayaquil, realizó un programa de inspecciones internas de los grandes acueductos de la ciudad, utilizando varias tecnologías.

Como resultado de estas inspecciones se identifican varios tubos de las redes de distintos diámetros, que ameritan algún tipo de intervención para prolongar el tiempo de vida útil del elemento para el cual fue diseñado.

Se ejecuta un plan de intervención analizando los factores influyentes y determinando fechas específicas para la ejecución de los trabajos de cambio de los tramos de tubería afectado.

De esto y con las experiencias pasadas en cambio de tramos de tubería de acueducto afectado, nace la necesidad de elaborar un procedimiento donde se especifiquen los controles de calidad necesarios que se deben realizar al Kit de reparación, que van desde la correcta selección del material, procedimientos de soldadura y calificación de soldadores, ensayos no destructivos a soldadura, controles en tratamiento superficial, especificaciones y controles para el recubrimiento de la tubería; pudiendo así garantizar un mayor tiempo de vida útil y asegurar su calidad estructural.

De esta manera la empresa optimizará su inversión garantizando un elemento que dará una mayor durabilidad en el tiempo, con menores costos de mantenimiento, mejorando y asegurando la calidad de servicio en la distribución de agua potable a la ciudadanía del territorio y perímetros de Guayaquil de los cuales es responsable la concesionaria.

CAPÍTULO 1

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Los grandes acueductos de transporte de agua potable que son distribuidos desde la planta de tratamiento de LA TOMA de INTERAGUA ubicada en el km 25 vía a Daule y que en su mayoría recorren hasta el sector centro - norte de la ciudad de Guayaquil, son de varios materiales y diámetros.

Como tuberías de Acero con recubrimientos de pintura y diámetros de 2000mm, 1800mm y 1250mm., tuberías de Hormigón Pretensado o HPT en diámetros de 1500mm y 1050mm.

Como primera etapa de investigación se realizó un análisis a los acueductos tanto de 1250mm de acero, con tecnología de ultrasonido, lo que ayudó a determinar la condición estructural de las láminas de acero y picaduras o fugas, efecto en su mayoría de desgaste del material o causas de efectos corrosivos, y en la tubería de 1050mm de HPT con

tecnología electromagnética con la que se pudo determinar daños puntuales en la estructura de la tubería.

1.1 Justificación e Importancia de la Rehabilitación de las Redes de Grandes Acueductos de Agua Potable.

En los daños reportados luego de la inspección realizada a los acueductos de 1250mm, tubería de acero con recubrimiento por pinturas, se detectaron varios puntos que presentaban picaduras en las paredes, de dimensiones de hasta 1/2 pulgada de diámetro aproximadamente. Estos daños en el acueducto ocasionan perjuicios a terrenos y propiedades aledañas por la constante saturación de agua en el terreno, lo que ocasionaba una inestabilidad del suelo y problemas de inundación.

En el caso de la tubería de HPT, la inspección detectó puntos en donde la tubería ha sido afectada estructuralmente y son puntos críticos eminentes de colapso o explosión, debido a su configuración, lo que al igual que en el caso de las tuberías de acero ocasionaría daños considerables en las estructuras aledañas e inundaciones en sus alrededores.

Estos daños, adicional a los perjuicios materiales ocasionados a sus cercanías, tienen una alta repercusión en costos de distribución a la concesionaria. Por un daño intempestivo de estos acueductos, para su reparación, es necesario el cierre total de una de las líneas de distribución, por lo que se dejaría a la ciudadanía sin dotación de agua potable aproximadamente de un 30% a 50% de los usuarios de la ciudad de Guayaquil por un periodo aproximado de 24 horas. Cada vez que exista un evento de estas condiciones es responsabilidad de la concesionaria dotar del servicio de agua potable a toda la población afectada, lo que conlleva a una logística de personal operativo, equipos de distribución de agua potable y todo lo necesario para la reparación del daño, generando altos costos a la empresa y grandes perjuicios a la ciudadanía en general.

Con estos antecedentes, la concesionaria se ve en la necesidad de realizar un programa de rehabilitación de los grandes acueductos de la ciudad de Guayaquil en los puntos detectados por las inspecciones internas, tratando de prever daños intempestivos que ocasionen afectaciones a los usuarios.

De esta manera, con una correcta programación e informando al usuario con antelación se podrá controlar la afectación, se

generarán menores costos para abastecer al usuario afectado y principalmente se extenderá el tiempo de vida útil de los acueductos existentes.

1.2 Características Técnicas Generales de las Redes de Acueductos de Agua.

Las tuberías de acueductos para transporte de agua potable, en general por las condiciones específicas y configuraciones geográficas que se manejan en la ciudad deben estar diseñadas para soportar presiones nominales de 10 Bares o 100 metros de columna de agua, aunque en lugares específicos se pueden llegar a considerar presiones de diseño de 16 o 25 bares.

Dependiendo del material específico de la tubería, ésta cumple con especificaciones y características especiales que deben ser consideradas para entender su funcionamiento y poder seleccionar el método y características adecuadas que se aplicará en la reparación y/o tubería de recambio.

Tubería de Hormigón Pretensado.- Tubería de Hormigón armado a cuya armadura se le da una tensión inicial que produce en el hormigón un estado de compresión capaz de compensar las

tracciones producidas por efecto de las presiones interiores máximas a que va a estar sometida la tubería.

De entre los tipos de tubería existente, en las líneas de distribución de agua potable de Guayaquil, se ha considerado tubería de tipo con chapa de acero cilíndrica con soldadura longitudinal y transversal que cumple la función de estanqueidad y envuelve o cubre al hormigón primario. Sobre este se coloca un alambre de acero de alta resistencia que se enrolla helicoidalmente alrededor del núcleo, a una tensión previamente fijada, que se designa "tensión de zunchado", y finalmente posee una capa exterior, de espesor y naturaleza variables, cuya misión principal es la protección del alambre.



FIGURA 1.1 ESTRUCTURA DEL TUBO DE HPT

Este es el tipo estándar de tubería de hormigón pretensado usada para esta aplicación, transporte de agua a presión.

Tuberías de acero al carbono.- Tuberías fabricadas con planchas de acero al carbono con soldadura longitudinal o helicoidal con espesores variables dependiendo su diámetro y presión normal de trabajo. Su recubrimiento generalmente es con pinturas y actualmente estas pueden ser con recubrimiento de PEAD.

1.3 Normas Aplicables

El estricto uso de los estándares para la fabricación de los distintos tipos de elementos en la ingeniería y en general, aportan a la industria para garantizar el acoplamiento de elementos construidos independientemente, el repuesto en caso de ser necesario, la calidad de los elementos fabricados y la seguridad de funcionamiento.

La normalización tiene bien definidos tres objetivos que buscan la simplificación en los modelos de fabricación, la unificación de criterios y medidas para facilitar el intercambio a nivel internacional así como también la especificación que busca identificar el elemento con un lenguaje claro, preciso y común entre los distintos actores.

Adicional es un aporte de varios años de experiencia y estudios que disminuyen los costos generados por mantenimiento o reparación y facilita la capacitación o entrenamiento del personal en distintas índoles generando confianza al consumidor final conociendo que el producto cumple con estándares nacionales e internacionales que regulan su fabricación.

Para la fabricación de los tubos de acero para transporte de agua a presión se aplican los estándares de la AWWA C200 acreditada por la ANSI; los materiales están regidos por la clasificación ASTM, accesorios o elementos del tubo por normas EN, mientras que los controles de los procesos tanto de soldadura como de recubrimiento por los códigos ASME, ASNT, NACE.

A continuación se detalla la importancia y atribución de estas normas para la fabricación de tubos y accesorios de acero para el transporte de agua a presión.

ANSI

El ANSI (American National Standards Institute) es un organismo nacional de normalización de los Estados Unidos de América y miembro de la organización internacional de estandarización ISO.

El ANSI ha acreditado a organizaciones privadas de normalización como son AWWA, ASTM, ASME, AWS, ASNT, SSPC, NACE cada uno independiente en un área o temas específicos y que se hace referencia para la fabricación de los tubos y accesorios de acero para transporte de agua a presión.

AWWA

El AWWA (American Water Works Association) es un organismo privado de normalización bajo los procedimientos del ANSI

Entre los estándares y manuales emitidos por el AWWA, para la fabricación de los tubos y accesorios de acero para transporte de agua a presión se guía bajo la norma AWWA C200 para los parámetros de fabricación y el manual M11 donde se especifican las guías para el diseño e instalación de las tuberías de acero. Estos documentos son las principales guías que se consideran para la fabricación de estos elementos en lo que responde a obras en la ciudad de Guayaquil.

Dentro de esta norma y manual para el control y parámetros de algunos procesos dentro de la fabricación, se consideran entre otros los siguientes capítulos de la norma AWWA:

- AWWA C-203, para recubrimiento externo en base Coal-Tar

- AWWA C-210 para recubrimientos interno y externo con bases epóxicas

ASTM

American Society for Testing Material es una organización internacional privada de normalización que estandariza y define los tipos de materiales y ensayos para todo tipo de industria.

Con más de 12,000 normas internacionales de ASTM que abarcan áreas tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, dispositivos y servicios médicos y productos electrónicos.

Dentro de estas para definición de material y algunos ensayos se consideran normas ASTM como:

- ASTM A-36 Standard Specification for Carbon Structural Steel.
- ASTM A-283 ASTM A283 / A283M Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates
- ASTM A-53 Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless
- ASTM A-572 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

ASME

American Society of Mechanical Engineers es un organismo privado de normalización que ha desarrollado códigos guías sobre diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, entre otros, calderas y recipientes a presión.

Entre estos y que son de aplicación para la fabricación de los tubos de acero para transporte de agua a presión se consideran los siguientes códigos del ASME:

- SEC IX de ANSI/ASME Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.

AWS

American Welding Society es un organismo privado de normalización que define y controla los avances en la ciencia, tecnología y aplicación en los procesos de soldadura, tipos de unión y procesos de cortado, incluyendo soldabilidad y tratamientos térmicos a los materiales.

Entre estos los capítulos considerados para la fabricación de los tubos de acero son:

- AWS B2.1 Specification for Welding Procedure and Performance Qualification

ASNT

La American Society of Non Destructive Test o sociedad americana de ensayos no destructivos es un organismo privado que define los parámetros y procedimiento para la realización de ensayos no destructivos sobre distintos tipos de materiales, así mismo crea estándares y servicios para la calificación y certificación del personal técnico que realiza los ensayos no destructivos bajo el esquema americano.

SSPC

La Steel Structures Painting Council es una organización privada que crea estándares enfocados en la preparación superficial del acero previo a realizar algún tipo de recubrimiento..

Para este caso se ha considerado los siguientes capítulos:

- SSPC-AB3 Ferrous Metallic Abrasive
- SSPC – SP – 10 Metal casi blanco

NACE

La National Association of Corrosion Engineers es una organización privada que controla mediante estándares los distintos tipos de métodos de protección anticorrosiva sobre las estructuras metálicas.

En esta incluye sobre el tratamiento superficial y la aplicación de recubrimientos. Este estándar es equivalente al SSPC.

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS Y ACCESORIOS DE ACERO

La fabricación de los tubos de acero se realiza según lo indicado en los planos de diseño entregados por la empresa contratante. Una muestra para la fabricación de tubo de diámetro 1500mm se puede observar en el plano AP 3664.

Para este fin, el ingeniero encargado del proyecto debe procurar que el elemento a fabricar, cumpla con todos los parámetros establecidos tanto por el diseño como por las normativas que aplica.

En el transcurso de este documento se establecerán todos los controles necesarios para poder garantizar que el tubo de acero este fabricado conforme las especificaciones y garantice un tiempo de vida útil rentable para la empresa operadora del agua potable.

2.1 Selección del Tipo de Acero

Según la normativa AWWA C200 las características y tipos de los materiales que se pueden considerar para la fabricación de los tubos y accesorios de acero son los que se indican en la tabla 1.

TABLA 1
PLANCHAS, LAMINAS Y COLADAS DE ACERO PARA LA
FABRICACION DE TUBOS

Especificación	Grado	Esfuerzo mínimo de Fluencia	
		psi	Mpa
	Plancha de Acero		
ASTM A36/A36M		36000	248
ASTM A283/A283M	C	30000	207
	D	33000	228
ASTM A572/A572M	42	42000	290
	50	50000	345
ASTM A1011/1011M	Acero Estructural (SS)		
	30	30000	207
	33	33000	228
	36	36000	248
	40	40000	276
	45	45000	310
	50	50000	345
	55	55000	380
	Alta resistencia – aceros de baja aleación (HSLAS)		
	45	45000	310
	50	50000	345
	55	55000	380
	Alta resistencia – aceros de baja aleación con formabilidad aplicada(HSLAS-F)		
	50	50000	345
ASTM A1018/1018M	Acero Estructural (SS)		
	30	30000	207
	33	33000	228
	36	36000	248
	40	40000	276

Alta resistencia – aceros de baja aleación (HSLAS)			
45	45000	310	
50	50000	345	
55	55000	380	
Alta resistencia – aceros de baja aleación con formabilidad aplicada(HSLAS-F)			
50	50000	345	

Dada la disponibilidad en el mercado local y los costos asociados, como estándar se especifica para obras de fabricación de tubos de acero para transporte de agua en la ciudad de Guayaquil los tipos ASTM A36 y ASTM A283 grado D.

Estos materiales serán considerados en planchas en las medidas comerciales que se encuentra en el mercado, dependiendo de las dimensiones del tubo o accesorio a fabricar.

2.2 Cálculo del espesor de lámina de acero

Como se indica en el manual AWWA M11 para el cálculo del espesor mínimo de pared del tubo de acero conociendo la presión de trabajo a la que va a estar sometido el tubo se aplica la fórmula de Barlow que indica:

$$t = \frac{pd}{2s} \quad \text{donde:}$$

t = Espesor mínimo de la pared del tubo conociendo la presión nominal de trabajo, mm.

P = presión interna de diseño, KPa

D = diámetro externo de la tubería, mm.

S = esfuerzo de diseño mínimo de fluencia del material, KPa

Para el caso de las tuberías de los grandes acueductos de la ciudad de Guayaquil con la variable del diámetro y considerando como estándar una presión nominal de 10 bares (1000 kPa) y usando el material base acero de tipo ASTM A36 nos da como resultado los espesores indicados en la tabla 2:

TABLA 2
ESPESOR TEÓRICO DE TUBERÍA DE ACERO
PARA TRANSPORTE DE AGUA A PRESIÓN

Diámetro externo (mm)	Espesor teórico (mm)
1050	4.23
1250	5.03
1500	6.04
1800	7.25
2000	8.06

Factores de Seguridad en el Diseño

Al diseñar tuberías de revestimiento (tramos o columnas) los valores publicados de sus propiedades mecánicas como de tensión, aplastamiento y estallido, contienen factores de seguridad adecuados basados en la resistencia mínima del acero a la deformación permanente que podría sufrir el mismo al estar sometido a distintas cargas. Con el factor de seguridad se busca asegurarse que la tubería, en el peor de los casos, se mantendrá íntegra.

Considerando las distintas variables, en general el valor del factor de seguridad que se considera en el diseño para el cálculo del espesor de las tuberías de acero es de 1.7

De esta manera la tabla de espesores para los distintos diámetros considerados, tomando en cuenta los espesores comerciales se indican en la tabla 3.

TABLA 3
ESPEORES COMERCIALES PARA LA FABRICACIÓN
DE TUBOS DE ACERO

Diámetro externo (mm)	Espesor teórico (mm)	Espesor calculado con factor de seguridad 1.7 (mm)	Espesor comercial a ser considerado (mm)
1050	4.23	7.191	8
1250	5.03	8.551	9
1500	6.04	10.268	10
1800	7.25	12.325	12
2000	8.06	13.702	14

2.3 Fabricación del tubo o accesorio

2.3.1 Rolado de planchas

El rolado es un proceso común para la manufactura de tubos de acero, el cual consiste en un proceso continuo en el que una lámina es sometida a una serie de rodillos que le proporcionan a la tira de acero una forma específica.

Las características que definen al producto que sale del rolado son, el diámetro del tubo y su espesor de pared. Una vez obtenida la forma tubular, los bordes son soldados para formar una sección cerrada.

Posteriormente se afina al diámetro requerido, haciendo pasar el tubo por otro conjunto de rodillos. La fabricación de tubos habitualmente es efectuada por talleres especializados.

Para garantizar la correcta curvatura y uniformidad en taller se usa una plantilla semicircular que tiene el mismo diámetro exterior que el tubo a fabricarse. La plantilla debe ser colocada en el borde del tubo para compararla y ambas tienen que coincidir.

Posterior al rolado se realizan puntos de soldadura para retener los bordes de la junta en una posición alineada apropiada.

Tolerancias de o validez o redondez

Según la normativa AWWA C200 en su capítulo 4.12.2 referente a la redondez indica que la circunferencia del tubo rolado no puede variar en más del $\pm 1\%$ de su circunferencia externa pero no excederá los 19mm de su circunferencia nominal exterior.

Esto debe ser controlado en taller previo a realizar los cordones de soldadura.

2.3.2 Soldadura longitudinal y circunferencial

La soldadura longitudinal y circunferencial puede ser ejecutada aplicando varios procesos de soldadura por arco los cuales deben estar especificados en el WPS y PQR respectivos.

Los procesos considerados pueden ser:

SMAW.- Proceso de soldadura eléctrico con electrodo revestido en donde la unión del metal se produce por el calentamiento del arco eléctrico entre el electrodo y el material base, el metal de relleno se obtiene del electrodo al fundirse con el metal base. Este proceso se emplea de forma manual y permite trabajar en cualquier posición.

Este proceso se ilustra en la figura 2.1

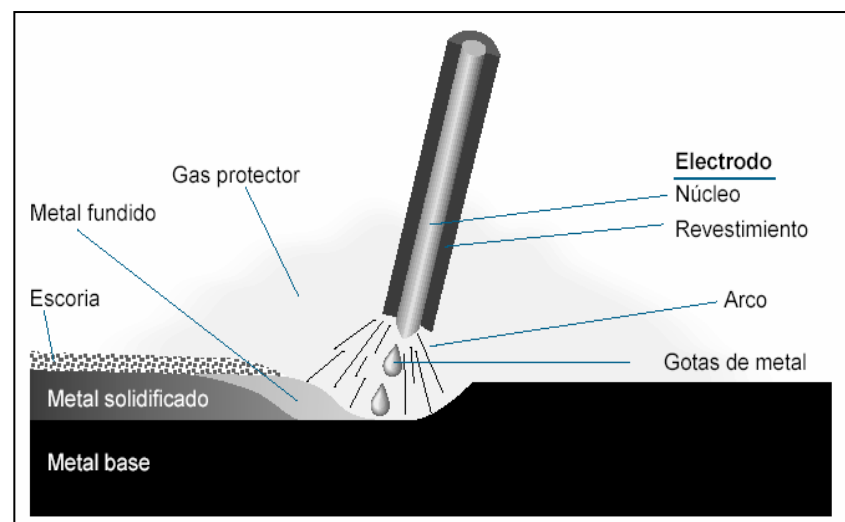


FIGURA 2.1.- PROCESO DE SOLDADURA SMAW.

Este proceso es considerado de fácil operación y bajos costos, lo que lo vuelve muy versátil y de consideración para su uso.

Las desventajas radican en ser un proceso manual, por lo que dependerá mucho de la habilidad y calificación del operador, otra desventaja es el uso de varillas de electrodos consumibles que por lo general tienen una longitud entre 230mm a 460mm y un diámetro de 2.5 a 9.5mm lo que genera varias paras por cambio de electrodo, por desgaste durante el proceso, discontinuidades y cambio de los niveles de corriente que pueden darse.

Los electrodos considerados para este proceso deben cumplir con el material de aporte de especificación AWS A5.1.

GMAW (MIG/MAG).- Proceso de soldadura que deposita material de aporte en forma continua y depende de la protección abastecida por un gas el cual además de proteger la soldadura del aire y sus componentes ayuda a la desoxidación y estabilidad del arco entre el material de aporte y el material base. El material de aporte es un alambre metálico desnudo consumible que se alimenta en

forma continua y automática desde una bobina a través de la pistola de soldadura. En este proceso se usa diámetros de alambre que van desde 0.8 a 6.4 mm, el tamaño depende del grosor de las partes que se van a unir y la velocidad de deposición deseada. Este proceso se ilustra en la figura 2.2.

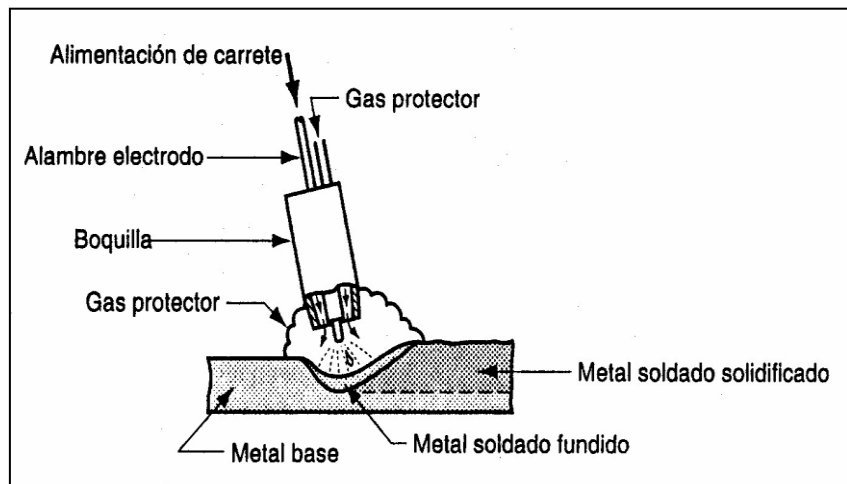


FIGURA 2.2 SOLDADURA METÁLICA CON ARCO ELÉCTRICO Y GAS (GMAW).

El electrodo seleccionado debe cumplir con lo especificado en la normativa AWS A5.18 ó AWS A5.28.

Este proceso tiene los siguientes beneficios:

1. No genera escoria.
2. Alta velocidad de deposición.
3. Alta eficiencia de deposición.

4. Fácil de usar.
5. Mínima salpicadura.
6. Aplicable a altos rangos de espesores.
7. Baja generación de humos.
8. Es económica.
9. La pistola y los cables de soldadura son ligeros haciendo más fácil su manipulación.
10. Es uno de los más versátiles entre todos los sistemas de soldadura.
11. Rapidez de deposición.
12. Alto rendimiento.
13. Posibilidad de automatización.

SAW.- Proceso de soldadura que usa un arco eléctrico entre un electrodo de alambre desnudo continuo, consumible, de metal de aporte y el metal base formando un charco de soldadura el cual está sumergido en un manto de fundente granular o polvo que lo protege del aire. Este proceso se muestra en la figura 2.3.

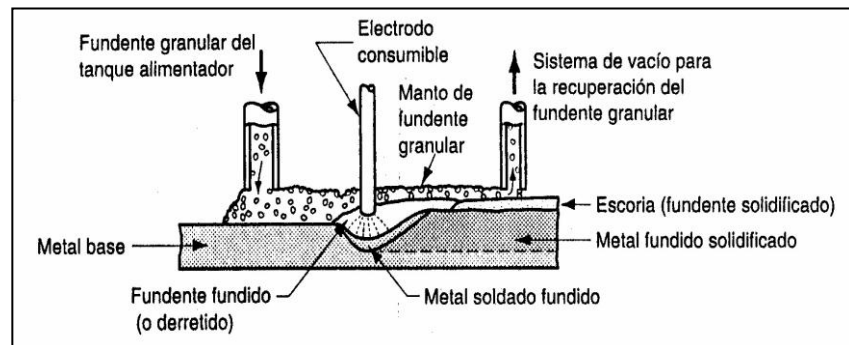


FIGURA 2.3 SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO

El alambre para soldadura por arco sumergido se emplea en forma de bobinas y debe estar cobreado; esto evita la oxidación superficial en el almacenaje y proporciona seguridad en el contacto eléctrico.

La composición de los alambres para soldadura por arco sumergido depende del material que se suelda, puesto que los elementos aleados se añaden generalmente al alambre y no al fundente.

El electrodo considerado debe cumplir con la normativa AWS A5.17 y AWS A5.23.

El arco sumergido, respecto de los otros procesos de soldadura, ofrece las siguientes ventajas:

- Las juntas pueden ser preparadas en “V” con poca profundidad debido a la elevada penetración del

proceso, obteniéndose con esto un menor consumo de alambre y fundente.

- Los procesos de soldadura pueden realizarse a altas velocidades debido a la elevada intensidad con que se opera en la mayoría de las aplicaciones.
- No es necesario proteger al operador de la máquina de la emisión de radiación, ya que el arco se encuentra sumergido en el fundente, evitándose además las salpicaduras del metal fundido.
- El fundente actúa como un desoxidante protegiendo el arco y aportando elementos de aleación al cordón en el caso de emplear fundentes aleados.

Por otro lado, las limitaciones del proceso son:

- Muchas soldaduras requieren algún tipo de respaldo para evitar la perforación del metal base, este respaldo puede ser del mismo material o de un material mucho más resistente que el anterior.
- Este proceso conlleva un tiempo de preparación mayor que otros.
- Con este sistema generalmente se sueldan piezas a partir de los 5 mm de espesor.

En general Los procesos de soldadura se pueden llevar a cabo satisfactoriamente siguiendo los siguientes pasos.

Limpieza: La pieza debe estar totalmente limpia, libre de óxidos superficiales, lubricantes, etc., utilizando algún solvente adecuado.

Biselar: El bisel apropiado de la junta va de acuerdo al espesor de material a soldar y lo especificado en el WPS correspondiente. Para esto, se puede biselar con algún medio mecánico y/o utilizando un electrodo para biselar.

Pre calentamiento: El objetivo del pre calentamiento es evitar una disipación demasiadas rápida del calor proporcionado por el arco eléctrico, es decir evitar un enfriamiento brusco que ocasione un transformación estructural en el acero. El pre calentamiento será más o menos fuerte, de acuerdo al tamaño de la pieza, del espesor a unir y al contenido del carbono. En piezas pequeñas, el pre calentamiento muchas veces será innecesario.

SOLDAR: Seleccionar el electrodo más adecuado, del menor diámetro posible, para usar el menor amperaje posible. Soldar con cordones cortos y alternados, para no elevar excesivamente la temperatura de la pieza. Martillar cada cordón, para aliviar las tensiones internas provocadas por la contracción del cordón de soldadura, cuando este se comienza a enfriar.

Enfriamiento lento: Tiene como objetivo no permitir un enfriamiento brusco, que produzca un cambio estructural en la zona soldada. El enfriamiento lento asegura que éste sea uniforme en toda la pieza, equilibrando una contracción pareja.

2.3.3 Tipos de Junta Aplicables

Los tipos de juntas dependen de factores como el tamaño y forma de los miembros que forman la junta, el tipo de carga, la cantidad de área en la junta disponible para soldar. Existen cinco tipos básicos de juntas soldadas, aunque en la práctica se consiguen muchas variaciones y combinaciones: a tope, en L, en T, solapada y en borde. Un número de diferentes tipos de soldadura puede ser aplicado a cada tipo de junta dependiendo del diseño de la

junta. El diseño de la junta identifica, “la forma, las dimensiones y la configuración de la junta”

Dada las dimensiones de espesor de las planchas consideradas que van de 8 a 14mm, en general, el tipo de junta considerada será a tope para la fabricación del tubo y en L para la unión de accesorios o bridas. Estos tipos de junta se indican en la figura 2.4.

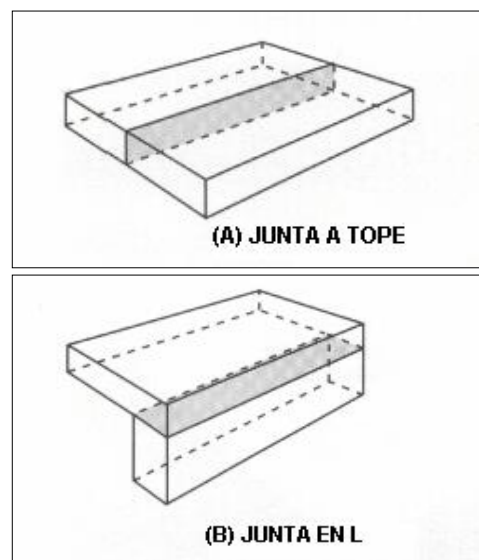


FIGURA 2.4 TIPOS DE JUNTA PARA SOLDAR

El diseño específico con las dimensiones de las partes de la junta soldada debe estar indicado en cada procedimiento de soldadura para la fabricación del tubo o accesorio.

Para el caso de la junta de unión en las planchas roladas para conformar el tubo se usara junta a tope con bisel en "V".

Las partes básicas de la junta se indican en la figura 2.5

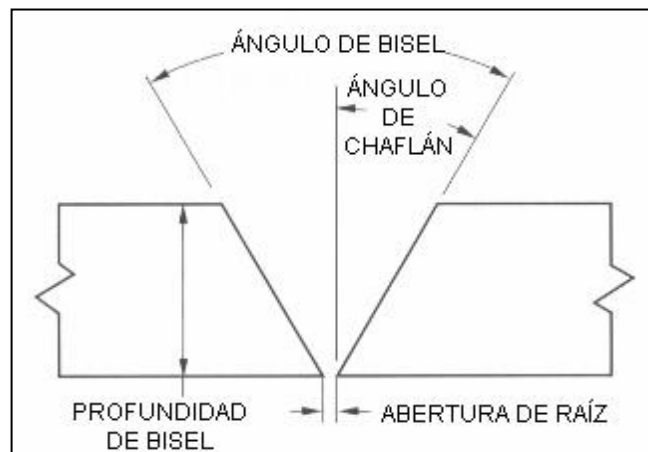


FIGURA 2.5 ELEMENTOS BASICOS DE LA JUNTA

En general se puede considerar el diseño indicado en la figura 2.6 que de igual manera debe estar especificado en el respectivo WPS.

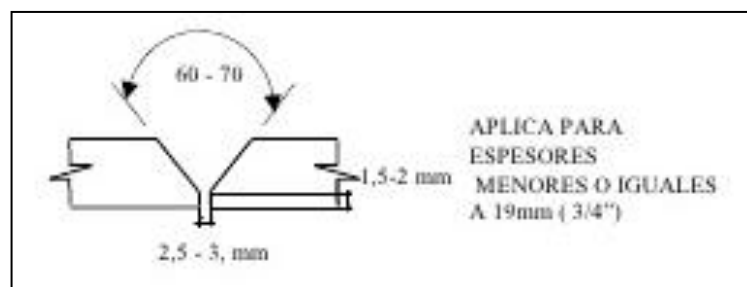


FIGURA 2.6 DISEÑO BASICO DE LA JUNTA

2.4 Recubrimientos.

2.4.1 Tratamiento Superficial

Previo a cualquier tipo de revestimiento o recubrimiento se debe realizar una adecuada preparación superficial mediante equipos de limpieza con chorro de abrasivo a presión tanto interna como externamente al grado de Metal casi blanco, la superficie debe tener un color gris claro estar libre de contaminantes visibles (grasa, aceite, combustibles), contaminantes no visibles (sales) y deben eliminarse sombras de oxidación visibles en un 95%. Seguir procedimiento de Norma NACE N° 2 / SSPC 10.

La preparación superficial debe ir acorde con lo especificado según el tipo de recubrimiento que se vaya a dar, se debe seguir las recomendaciones según la marca de pintura o recubrimiento a ser aplicado.

Selección del abrasivo

El abrasivo usado debe de ser compatible con los requerimientos de la norma SSPC-AB3.

Para la aplicación buscada el abrasivo seleccionado debe ser granalla de acero angular que debido a su peso y dureza es magnífico para realizar preparación de superficies en aplicación de recubrimientos ya que deja un anclaje muy profundo. La granalla de acero es el abrasivo que más se utiliza para hacer limpiezas para preparación de superficie ya que otra ventaja del gran peso de su partícula es la baja generación de polvo y como ya se ha mencionado su anclaje profundo es ideal para la aplicación de recubrimientos de alta tecnología. Puede ser reutilizada 40 y en algunos casos hasta 200 veces. La duración de una boquilla con inserto de carburo de tungsteno con granalla, varía de entre 500 ± 800 horas de trabajo.

Según las especificaciones de la SSPC el tamaño del abrasivo seleccionado, que para esta aplicación será granalla de acero (Steel Grit) o bolas de acero (Steel Shot), su tamaño, dependiendo el perfil de rugosidad y tipo de limpieza que se requiere, puede ser como se indica en la tabla 4.

TABLA 4
PERFIL DE ALTURA O RUGOSIDAD APROXIMADA DE
ACERO TRATADO
CON ABRASIVOS DE TAMAÑO DIFERENTE

ABRASIVE	Profile Height				
	25 μm 1 mil	37 μm 1.5 mil	50 μm 2 mil	63 μm 2.5 mil	75-100 μm 3-4 mil
Silica Sand	30/60 mesh	16/35 mesh	16/35 mesh	8/35 mesh	8/20 mesh
Steel Grit	G80	G50	G40	G40	G25
Steel Shot	S110	S170	S280	S280	S330
Garnet	80 mesh	36 mesh	36 mesh	16 mesh	16 mesh
Aluminum Oxide	100 grit	50 grit	36 grit	24 grit	16 grit

* These profile heights are typical if the nozzle pressure is between 620 and 700 kPa (90 and 100 psi).

La granalla metálica seleccionada debe cumplir con las especificaciones por sus formas y tamaños, de acuerdo con normas específicas, tales como, SAE J444 y SFSA 20-66. Así mismo se debe confirmar el cumplimiento con las normas SAE J445 que especifica los ensayos mecánicos en las granallas metálicas, y SAE J827 que establece límites para los desvíos de forma, composición química, microestructura, dureza y contaminantes no magnéticos.

Para la fabricación de tubos y accesorios de acero descrito en este trabajo se considerará un tamaño de abrasivo de granalla de acero angular de G40 a G25 siempre y cuando

cumpla con lo especificado en la data técnica de la pintura considerada para el recubrimiento seleccionado.

2.4.2 Recubrimiento por pinturas

Para la protección del metal contra el ataque corrosivo por el medio al que se encontrará expuesto, es necesario dar una protección adicional al tubo o accesorio que proteja de dos modos principales; en primer lugar que provean una protección de barrera (con la ayuda de la película del producto de la corrosión, que proporcione una protección adicional temporal) y, en segundo, proporcionar una protección galvánica.

Para la aplicación del recubrimiento por pintura en la fabricación de los tubos y accesorios de acero, se seguirá las especificaciones descritas en la normativa AWWA C200 cumpliendo con un espesor mínimo de 400 micras tanto en su superficie interna como externa.

El recubrimiento por pintura se realizará a toda tubería o accesorio cuyo diámetro sea mayor a 600mm.

2.4.2.1 Recubrimiento Exterior

El recubrimiento exterior luego de la preparación de la superficie según especificaciones del punto 2.4.1 de este documento y estándares AWWA C200 y manual AWWA M11, debe ser aplicado con revestimiento de:

- a) Recubrimiento en base Coaltar según norma AWWA C203;

Pintura con base en alquitrán de hulla cuya capa externa posee un componente fibroso de vidrio para reforzar y dar mayor resistencia a la capa de pintura de protección.

- b) Fusión Bonded Epoxi (FBE) o resina epóxica líquida según norma AWWA C213; sistema de recubrimiento que consiste en la aplicación de pintura epóxica en forma de polvo que luego es sometido a un proceso de calentamiento para que este se adhiera a la superficie a cubrir.

- c) Recubrimiento en base micro-protectora de uretano que contenga inhibidores de micro-corrosión volátiles para protección de la estructura metálica.

En el ANEXO 1 se presentan hojas técnicas de pinturas de este tipo que se pueden considerar para estas aplicaciones.

- d) Capas de pintura epoxi, según AWWA C210; sistema de recubrimiento que consiste en varias capas de pintura epóxica o una capa de pintura epóxica como primer y como segunda capa y capa de acabado una mezcla química en base epóxica o coal-tar epóxico.

Los Anexos 2 y 3 presentan hojas técnicas de pinturas de este tipo que se pueden considerar para estas aplicaciones.

2.4.2.2 Recubrimiento Interior

- e) El recubrimiento interior luego de la preparación de la superficie según especificaciones del punto 2.4.1 de este documento, estándares AWWA C200 y manual AWWA M11, debe ser aplicado únicamente con revestimiento de capas de pintura epoxi, según AWWA C210 asegurando que esta tenga certificaciones para aplicación en elementos de grado de consumo alimenticio. En el ANEXO 3

se presentan hojas técnicas de pinturas de este tipo que se pueden considerar para estas aplicaciones.

2.4.3 Curado del recubrimiento

Cada tipo de recubrimiento, debido a sus componentes y propiedades químicas, físicas y mecánicas tienen condiciones específicas de tiempos de curado y aplicación.

Para el caso del análisis de este trabajo se debe seguir las recomendaciones dadas en la hoja técnica de cada tipo de pintura considerado, en donde se indican las condiciones ambientales para su aplicación, tiempo de espera para aplicación de capas de pintura adicional y tiempo de curado total para que el elemento pueda ser sometido a cargas mecánicas e hidráulicas.

El tiempo de curado será el factor predominante para la selección del tipo de pintura a usarse, considerando siempre la conformidad con el estándar específico del tipo de pintura seleccionada.

Las características químicas, físicas, mecánicas y tiempos de curado podrán revisarse en la hoja técnica que se encuentran como anexos del 1 al 3.

2.4.4 Recubrimiento por Galvanizado en Caliente

El galvanizado es el proceso de recubrimiento que consiste en depositar una capa de zinc (Zn) sobre hierro (Fe); ya que al ser el zinc más oxidable, menos noble que el hierro y generar un óxido estable, protege al hierro de la oxidación al exponerse al oxígeno del aire.

Se usa de modo general en tuberías para la conducción de agua cuya temperatura no sobrepase los 60 °C, ya que entonces se invierte la polaridad del zinc respecto del acero del tubo y éste se corroe en vez de estar protegido por el zinc.

Para tubos y accesorios de diámetro menor a 600 mm, se aplicará interna y externamente limpieza química y galvanización por inmersión en caliente según la norma ASTM A123M. En general en los elementos fabricados de estos diámetros el sistema de unión considerado debe ser por unión mecánica, de preferencia la unión bridada según Norma EN1092-1 salvo que el diseño indique otro tipo de unión y especificación.

La masa del recubrimiento galvanizado por unidad de superficie (entendida ésta como la superficie interior y exterior del tubo) no será inferior a 350 g/m².

Los espesores mínimos recomendados dependiendo el espesor de la lámina de acero se indica en la tabla 5.

TABLA 5
ESPESOR DE RECUBRIMIENTO POR GALVANIZADO EN CALIENTE DEPENDIENDO EL DIAMETRO

ESPESOR DE * LÁMINA DE ACERO V (MM) a	ESPESOR DE RECUBRIMIENTO POR GALVANIZADO EN CALIENTE* (µM)
Entre 1 y 3	50
Entre 3 y 6	75
Mayor a 6	80

CAPÍTULO 3

3. APLICACIÓN DE CÓDIGOS DE SOLDADURA.

Conforme a lo indicado en este documento y a las especificaciones técnicas del contratante, los tubos de acero para transporte de agua a presión responden al estándar de fabricación AWWA C200, mismo que en lo referente a soldadura direcciona al código ASME IX de calderas y recipientes a presión.

El código define las pruebas de calificación de los procedimientos de soldadura, calificación de soldadores, operadores de soldadura que están diseñadas para ofrecer garantía de que las soldaduras producidas tienen la resistencia, ductilidad y dureza conforme con lo dispuesto en el código.

3.1 Requerimientos Generales

Todo constructor adjudicado o encargado para la fabricación del tubo o accesorio de acero es responsable de la elaboración y

calificación de los procesos de soldadura y soldadores, guiándose en los códigos de soldadura ya mencionados y siguiendo los formatos indicados en los acápites 3.3 de este capítulo.

Es responsabilidad del fiscalizador o supervisor de la obra verificar que los procesos y calificación de soldadores hayan sido elaborados y revisados por personal calificado, que en este caso debe ser un inspector de soldadura acreditado.

El material base considerado para la fabricación de tubos y accesorios serán los aceros ASTM A36 ó ASTM A283 grado D.

3.2 Procesos de Soldadura

Los procesos considerados serán los mencionados en el capítulo 2.3.2 tomando en cuenta los siguientes parámetros para la selección del proceso.

- a) Los procesos SMAW y GMAW (MIG) serán considerados cuando:
 - i. Las cantidades a fabricar sean menor a 36 metros
 - ii. Los tiempos plazo para la fabricación permita el uso de procesos manuales.
 - iii. El material de aporte existente para estos procesos sea compatible con el material base.

- b) El proceso SAW será considerado cuando:
- i. Las cantidades a fabricar sean mayor a 36 metros y ameriten una fabricación en serie.
 - ii. El material de aporte existente para estos procesos sea compatible con el material base.

El procedimiento seleccionado, así como la especificación del material de aporte considerado y la configuración de junta de soldadura deben estar descritos en el WPS siguiendo los parámetros y formatos indicados en el código de soldadura y descritos en el capítulo 3.3 de este documento.

3.3 Calificaciones

La calificación de los procesos de soldadura y soldadores debe cumplir con las especificaciones y formatos descritos en el código ASME IX indicando todos los parámetros que requiere la norma y que se mencionan a continuación:

3.3.1 Proceso para la Calificación de las Especificaciones de los Procedimientos de Soldadura (WPS) y Procedimiento de Registro de Calificación (PQR)

El WPS (Welding Procedure Specification) es un documento que relaciona las variables a considerar en la realización de una soldadura específica, determina la ejecución de las pruebas de calificación tanto de proceso y procedimiento como del operario de soldadura.

En este proceso se deben incluir las variables esenciales, suplementarias y no esenciales para tener claro el alcance del procedimiento y saber cuándo debe ser solicitado una recalificación.

Para llenar el WPS se debe seguir el formato recomendado en la sección IX del ASME, formato QW-482 del apéndice B. Un ejemplo de este formato lleno para la fabricación de tubos de acero, de neoplos fabricados dentro del proyecto de rehabilitación del Plan Huancavilca, se muestra en el anexo 4

El PQR (Procedure Qualification Records) relaciona el conjunto de elementos utilizados para calificar el WPS y los

resultados de las pruebas realizadas a las probetas que se extraigan.

Los parámetros que se usarán para calificar un procedimiento de soldadura, serán los indicados en el siguiente artículo de la sección IX del ASME:

- Artículo II: Calificaciones de los Procedimientos de Soldadura
 - QW-200: General
 - QW-210: Preparación de los cupones de prueba
 - QW-250: Variables de la soldadura

El PQR busca la verificación de las propiedades mecánicas de la soldadura realizando la documentación de los ensayos destructivos ejecutados sobre las probetas extraídas de los cupones de prueba, lo que implica una prueba de soldabilidad que como mínimo deben ser: dos pruebas de tensión y cuatro pruebas de dobles. Esto según se indica en la tabla 6 extraída de la tabla QW-451.1 del código ASME sección IX para calificación de soldadura a tope.

TABLA 6
PRUEBAS DE CALIFICACIÓN PARA SOLDADURA A TOPE

QW-451.1 PRUEBAS DE TENSION Y PRUEBAS DE DOBLEZ TRANSVERSAL DE SOLDADURA EN RANURA							
Espesor T de Muestra de Prueba Soldadura, pulg.	Orden de Espesor T de Metal Base Calificado, pulg. [Nota (1)]		Espesor t de Metal de Soldadura Depositado Calificado, pulg. [Nota (1)]	Tipo y Número de Pruebas Requeridas Pruebas de Tensión y de Doblez Guiado [Nota (4)]			
	Min.	Máx.	Máx.	Tensión QW-150	Doblez Lateral QW-160	Doblez de Cara QW-160	Doblez de Raíz QW-160
Menos de $\frac{1}{16}$	T	2T	2t	2	...	2	2
$\frac{1}{16}$ a $\frac{1}{8}$, incl.	$\frac{1}{16}$	2T	2t	2	Nota (3)	2	2
Arriba de $\frac{1}{8}$, pero menos de $\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$	2T	2t	2	Nota (3)	2	2
$\frac{3}{16}$ hasta menos de $1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{16}$	2T	2t cuando $t < \frac{3}{16}$	2 (5)	4	...	...
$\frac{3}{16}$ hasta menos de $1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{16}$	2T	2T cuando $t \geq \frac{3}{16}$	2 (5)	4	...	...
$1\frac{1}{2}$ y más	$\frac{1}{16}$	8 (2)	2t cuando $t < \frac{3}{16}$	2 (5)	4	...	...
$1\frac{1}{2}$ y más	$\frac{1}{16}$	8 (2)	8 (2) cuando $t \geq \frac{3}{16}$	2 (5)	4	...	...

NOTAS:

La realización de ensayos adicionales como tenacidad, radiografías y macrografía, quedarán a criterio del inspector de soldadura encargado y del fiscalizador de la obra.

Para llenar el PQR se debe seguir el formato recomendado en la sección IX del ASME, formato QW-483 del apéndice B. Un ejemplo de este formato lleno para la fabricación de tubos de acero, de neoplos fabricados dentro del proyecto de rehabilitación del Plan Huancavilca, se muestra en el anexo 5.

3.3.2 Proceso para la Calificación del Soldador y del Operador de Soldadura (WPQ)

El Registro de la Calificación de Habilidad del Soldador o del Operador es un documento usado para registrar las calificaciones de los soldadores u operadores de soldadura de acuerdo a un WPS ya calificado.

El WPQ documenta que los soldadores u operadores tengan la habilidad necesaria para depositar un metal de soldadura sano, para el proceso usado, dentro de los límites de calificación que estipula el WPS de referencia usado. Adicional indica los rangos de diámetros de tubería fabricada para los cuales el soldador u el Operador está calificado en relación a lo demostrado.

Estos puntos se los indica en los siguientes capítulos de la sección IX del ASME:

- Artículo III: Calificaciones de la Habilidad de los Soldadores
 - QW-300: General
 - QW-310: Cupón de prueba para la calificación

- QW-320: Re-pruebas y renovación de la calificación
- QW-350: Variables de soldadura para los soldadores
- QW-360: Variables de soldadura para los operadores de soldadura
- QW-380: Procesos especiales

Es necesario que cada soldador y operador de soldadura tenga asignado un número, letra, o símbolo de identificación, el cual tiene que ser usado para identificar sus trabajos y estará referenciado en los registros de su respectiva calificación.

El número de probetas tomadas para calificar al operador y que debe estar indicado en el WPQ, se muestran en la tabla 3.2 extraída de la tabla QW-452.1 del código ASME sección IX.

TABLA 7
QW-452.1(a) MUESTRAS DE ENSAYO

Espesor del Metal de soldadura pulg. (mm)	Tipo y número de ensayos y muestras de ensayos requeridos			
	Exámenes Visuales según QW-302.4	Doble lateral QW-462.2 [Nota (1)]	Doble de cara QW-462.3 (a) o QW-462.3 (b) [Notas (1), (2)]	Doble de raíz QW-462.3 (a) o QW-462.3 (b) [Notas (1), (2)]
Menor a 3/8 (10)	X	...	1	1
De 3/8 (10) a menos de 3/4 (19)	X	2 [Nota (1)]	Nota (3)	Nota (3)
3/4 (19) y mayores	X	2	...	...

Nota general: El “Espesor del metal de soldadura” es el total del espesor del metal de aporte depositado por todo soldador y todo procedimiento en la muestra de ensayo exclusivo del refuerzo de soldadura

NOTAS:

- (1) Para calificar las posiciones 5G o 6G, un total de cuatro muestras de dobles son requeridas. Para calificar una combinación de 2G y 5G, una muestra de ensayo, un total de seis muestras de doblez serán requeridas. Ver QW-302.3. El tipo de prueba de doblez será basada en el espesor del metal de aporte.
- (2) Las muestras ensayadas por doblez de cara y raíz deben ser limitadas al depósito de soldadura de un

soldador con uno o dos procesos o con dos soldadores con un solo proceso cada uno. El depósito de soldadura realizada por cada soldador y cada proceso debe ser presentado en la cara convexa de la apropiada muestra doblada.

- (3) Una muestra de dobles de cara y raíz puede ser sustituido por dos muestras de doblez lateral.

Para llenar el WPQ se debe seguir el formato recomendado en la sección IX del ASME, formato QW-484A del apéndice B. Un ejemplo de este formato lleno para la fabricación de tubos de acero, de neoplos fabricados dentro del proyecto de rehabilitación del Plan Huancavilca, se muestra en el anexo 6.

CAPÍTULO 4

4. CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA Y RECUBRIMIENTOS.

4.1 Requerimientos Generales.

Para la aceptación del elemento a fabricarse, sea este tubo o accesorio de acero se deben seguir procedimientos y verificar que cada paso ha sido desarrollado conforme las especificaciones de este documento y las normativas aplicables a la fabricación.

Será responsabilidad del constructor garantizar la calidad del elemento fabricado y responsabilidad del fiscalizador o supervisor contar con todos los soportes de ensayos de control de calidad en cada uno de sus procesos.

Cada uno de estos reportes debe estar revisado y aprobado por el ingeniero responsable y calificado para realizar este tipo de comprobaciones.

4.2 Inspección de Soldaduras

La verificación o inspección de las soldaduras realizadas, se las ejecuta por medio de ensayos no destructivos de soldadura o END que es la realización de cualquier tipo de prueba practicada en el material de aporte de soldadura que no altera de forma permanente sus propiedades mecánicas, físicas, dimensionales o químicas.

Mediante los END se pueden identificar ya sean discontinuidades superficiales o internas del cordón de soldadura, esto dependerá del método aplicado para la detección de las mismas.

Los END se clasifican según la posición en donde se localizan las discontinuidades y se los designa según lo especificado en el estándar ANSI/AWS A2.4 como se indica en la tabla 8.

TABLA 8
CLASIFICACIÓN DE END

LOCALIZACIÓN DE DISCONTINUIDADES			
SUPERFICIALES		VOLUMÉTRICAS	
MÉTODO DE ENSAYO	LETRA DE DESIGNACIÓN	MÉTODO DE ENSAYO	LETRA DE DESIGNACIÓN
Inspección Visual	VT	Radiografía	RT
Líquidos penetrantes	PT	Ultrasonido	UT
Partículas magnéticas	MT	Emisión Acústica	AET
Electromagnetismo	ET		

Los END superficiales son aquellos que ayudan a visualizar o encontrar las discontinuidades superficiales con los métodos VT y PT, y sub-superficiales que son las que se encuentran muy cercanas a la superficie con los ensayos de MT y ET.

Los END volumétricos ayudan a encontrar las discontinuidades internas y sub-superficiales del cordón de soldadura. Bajo ciertas circunstancias puede ayudar a determinar discontinuidades superficiales aunque para esto se recomienda los métodos descritos en el párrafo anterior.

En general para el control de calidad de la soldadura en la fabricación de tubos y accesorios de acero para el transporte de agua a presión se realizarán los ensayos de PT al 100% de los cordones de soldadura. Dependiendo de la cantidad del proyecto se realizarán ensayos por RT hasta en un 10% del total de la soldadura existente, esto se considerará cuando sea una fabricación en serie o cuando el ingeniero fiscalizador lo crea necesario.

Otros END pueden ser aplicados previo análisis y autorización del departamento de control de calidad o ingeniero especializado en

soldadura (del contratante), analizando las condiciones particulares del proyecto u obra.

El personal que realice los END debe ser personal calificado o acreditado por la ASNT quien regula los procedimientos y criterios sobre éstos.

Para el ensayo VT solo puede ser realizado por un inspector de soldadura calificado por la AWS.

El personal calificado para realizar los END debe ser acreditado bajo las normas ISO 9712 o SNT-TC-1^a que establecen los parámetros para calificar al personal que aplica END en todos sus niveles.

Brevemente se describirán los END que serán aplicables para el control de calidad en la fabricación de tubos y accesorios de acero.

4.2.1 Visual

Ensayo o prueba que permite obtener información inmediata de la condición superficial de los materiales que estén siendo evaluados ya que permite observar muchas características de una unión soldada, algunas relacionadas

con las dimensiones y otras acerca de la presencia de discontinuidades dentro de las piezas soldadas.

Este ensayo debe ser ejecutado durante el proceso de las uniones soldadas, terminado el cordón de soldadura y previo a cualquier otro END que se vaya a realizar. Esto puede ayudar a determinar discontinuidades que ameriten algún tipo de intervención evitando de este modo su posterior rechazo o aplicación innecesaria de otro END.

Para facilitar la inspección visual, es necesario el empleo de ciertos instrumentos como pueden ser: cintas métricas, reglas, falsas escuadras, calibres, galgas, equipos de medición de temperaturas o presiones, dispositivos de iluminación y medios ópticos auxiliares (comprobadores de superficies, sistemas fotoeléctricos, proyectores de perfiles, lupas y endoscopios).

Dentro del proceso de inspección visual, el tamaño de la soldadura es muy importante, ya que afecta directamente la resistencia mecánica de la unión y sus relativas consecuencias en caso de no ser adecuado. Las

discontinuidades en los cordones son muy importantes ya que son las imperfecciones interiores o adyacentes a la soldadura las que disminuyen la resistencia para la cual fue diseñada. Las discontinuidades, de inaceptables dimensiones y localización, se denominan defectos de soldadura, y pueden ser causas de falla prematura.

Las soldaduras deberán reunir los siguientes requisitos visuales después de la ejecución del cordón de soldadura:

1. La soldadura deberá estar libre de grietas.
2. Todas las grietas deben rellenarse a través de toda la sección de la soldadura.
3. La cara de la soldadura deberá estar al ras con la superficie del metal base, y el cordón deberá fusionarse suavemente con el metal base. El socavamiento no deberá exceder 1mm. El reforzamiento de la soldadura no deberá exceder de 3mm.
4. La raíz de la soldadura será inspeccionada y no deberá haber evidencia de grietas, fusión incompleta, o penetración inadecuada en la unión. Una raíz de superficie cóncava es permitida dentro de los límites

normalizados, de manera que el espesor total de la soldadura sea igual o mayor al del metal base.

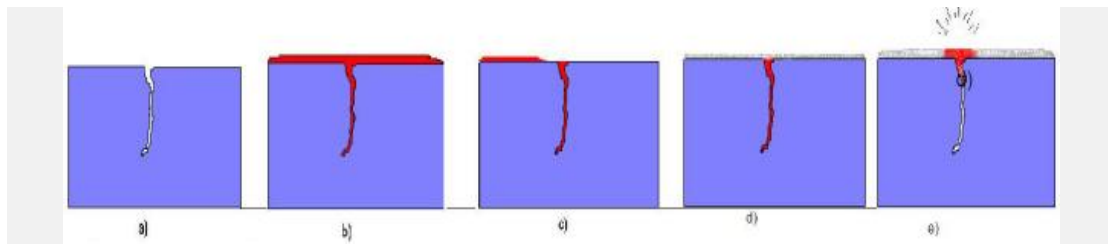
4.2.2 Líquidos Penetrantes

END cuya finalidad es la detección de discontinuidades, porosidades, fisuras o grietas en la superficie del cordón de soldadura de todos los metales.

Actualmente la técnica de LP, se puede resumir en los siguientes pasos que se ilustran en la figura 4.1

1. Limpieza inicial y secado: Consiste en limpiar perfectamente la zona de interés a ser ensayada de tal forma de dejar las posibles discontinuidades libres de suciedad o materiales extraños y su posterior secado.
2. Aplicación del Líquido Penetrante y Tiempo de penetración: Cubrir la superficie de interés con el LP y dejar transcurrir el tiempo necesario para permitir que el LP se introduzca por capilaridad en las discontinuidades
3. Limpieza intermedia: Se removerá el exceso de LP de la superficie, evitando extraer aquel que se encuentra dentro de las fallas. Esta remoción, podrá hacerse, según la técnica empleada, mediante:

- a) lavado con agua.
 - b) aplicando un emulsionante y posterior lavado con agua.
 - c) mediante solventes.
4. Secado (según la técnica): Se secará la pieza del agente limpiador. Este paso puede ser obviado según la técnica utilizada.
 5. Aplicación del revelador: Sobre la superficie ya preparada se colocará el revelador en forma seca o finamente pulverizada en una suspensión acuosa o alcohólica, que una vez evaporada, deja una fina capa de polvo.
 6. Inspección y evaluación: Esta fina capa de revelador absorberá el LP retenido en las discontinuidades, llevándolo a la superficie para hacerlo visible, ya sea por contraste o por fluorescencia (según la técnica empleada) las indicaciones podrán registrarse y evaluarse.
 7. Limpieza final: Aunque los agentes químicos utilizados no deberían ser corrosivos de los materiales ensayados, se eliminarán sus restos para prevenir posteriores ataques.



**FIGURA 4.1. MUESTRA DE APLICACIÓN DE LÍQUIDO
PENETRANTE**

Radiografías

END de tipo físico que ayuda a detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

Son radiaciones electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz ($300.000 \text{ km s}^{-1}$), aunque tienen menor longitud de onda, mayor energía y más penetración. Estos rayos no sufren desviación alguna por efecto de campos magnéticos o eléctricos, se propagan por tanto en línea recta, excitan la fosforescencia e impresionan placas fotográficas. Atraviesan los cuerpos opacos sin reflejarse ni refractarse, siendo absorbidos en mayor o menor grado según el espesor y la densidad del material, y la longitud de onda de la radiación. Alcanzan así a impresionar una película o placa fotográfica, situada en el lado opuesto del material.

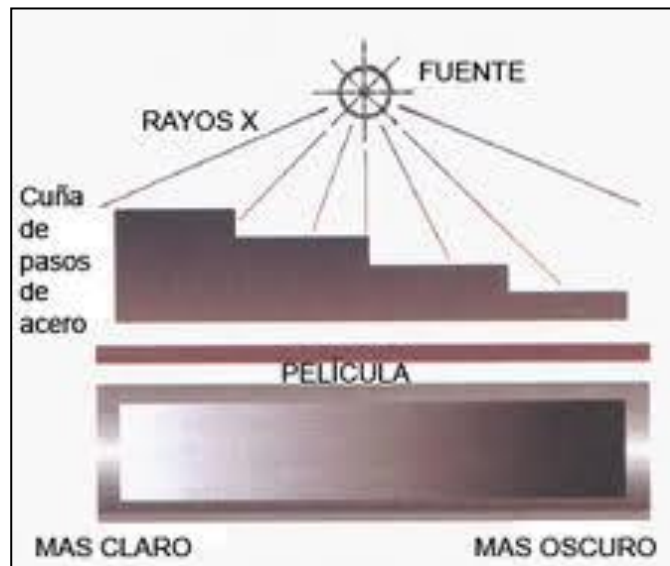


FIGURA 4.2 ESQUEMA DE PROCESO DE RADIOGRAFÍA

Los defectos de los materiales como grietas, bolsas, inclusiones, etc. de distintas densidades, absorben las radiaciones en distinta proporción que el material base, de forma que estas diferencias generan detalles de contraste claro-oscuro en la placa fotográfica colocada detrás de la pieza. Esto es lo que permite identificar defectos en la inspección de una soldadura por radiografía. Para facilitar la labor se usan colecciones de radiografías patrón, en las cuales los defectos están claramente identificados para unas condiciones dadas de tipo de material y tipo de soldadura.

Las limitaciones que se deben considerar en este proceso son las que se indican a continuación:

- No es recomendable utilizarla en piezas de geometría complicada.
- No debe emplearse cuando la orientación de la radiación sobre el objeto sea inoperante, ya que no es posible obtener una definición correcta.
- La pieza de inspección debe tener acceso al menos por dos lados.
- Su empleo requiere el cumplimiento de estrictas medidas de seguridad.
- Requiere personal altamente capacitado, calificado y con experiencia.
- Requiere de instalaciones especiales como son: el área de exposición, equipo de seguridad y un cuarto oscuro para el proceso de revelado.
- Las discontinuidades de tipo laminar no pueden ser detectadas por este método.

4.3 Criterios de Aceptación y Rechazo

Los cordones de soldadura efectuados deben responder a niveles de aceptación establecidos en el código de soldadura aplicable

para la fabricación de tubos y accesorios de acero AWWA C200 mismo que direcciona al código ASME IX.

En general la junta a soldar debe cumplir con los formatos establecidos en los WPS correspondientes y estos no podrán tener problemas de desalineación ni de las dimensiones especificadas como se muestra en la figura 4.3.

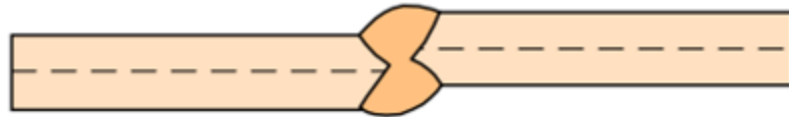


FIGURA 4.3 .- DESALINEACIÓN DE UNA JUNTA A TOPE.

La geometría de la soldadura debe ser verificada conforme lo establecido en el respectivo WPS, certificando que cumplen con las medidas, formatos y tolerancias ahí establecidos.

Para la inspección y evaluación de las soldaduras realizadas durante el proceso de fabricación de tubos y accesorios de acero se centrará en las discontinuidades de tipo superficial que se pueden hallar por medio de los END de VT y LP. Para esto se debe considerar el procedimiento de soldadura que se aplicó e identificar los defectos que pudieran producirse.

Fisuras.- Se consideran, en general, las discontinuidades más graves ya que representan fuertes concentradores de tensiones. Resultan en general de la acción de esfuerzos de tracción (tensiones transitorias, residuales o externas) en un material que no es capaz de resistirlos. Pueden estar asociadas en general a un problema de fragilidad. Pueden aparecer durante o inmediatamente después de la soldadura, en algunos materiales aparecen horas después de terminada la soldadura o en procesos de fabricación posteriores a la misma, o durante la condición de trabajo de la junta soldada.

Las fisuras pueden clasificarse en:

- a) Por su periodo de solidificación: en Fisuras en caliente o Fisuras en frío.
- b) Por su forma: en Longitudinales, transversales, cráteres, de garganta, de borde y de raíz.

Algunos ejemplos de esta discontinuidad se podrá verlas en las figuras 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7.



FIGURA 4.4.- FISURA LONGITUDINAL



FIGURA 4.5.- FISURA TRANSVERSAL



FIGURA 4.6.- FISURA DE PIE



FIGURA 4.7.- FISURA DE GARGANTA Y DE RAÍZ

Porosidad.- Discontinuidad del tipo de cavidad formada por gas atrapado durante la solidificación del metal de soldadura. Se divide a su vez en cuatro tipos:

a) Porosidad distribuida uniformemente.



FIGURA 4.8- POROS DISTRIBUIDOS UNIFORMEMENTE

b) Porosidad agrupada ("Cluster porosity")



FIGURA 4.9.- POROS AGRUPADOS

c) Porosidad alineada (“Linear porosity”)



FIGURA 4.10.- POROS ALINEADOS UNIDOS POR UNA FISURA

d) Porosidad vermicular o tipo gusanos (“Piping porosity”)



FIGURA 4.11.- POROS SUPERFICIALES ALARGADOS (VERMICULAR)

Socavadura o Mordedura.- La socavadura es una muesca, o canaleta, o hendidura ubicada en los bordes de la soldadura como se muestra en la figura 4.12; es un concentrador de tensiones y

además disminuye el espesor de las planchas o caños, todo lo cual es perjudicial. Pueden darse en la raíz o en la cara de la soldadura.

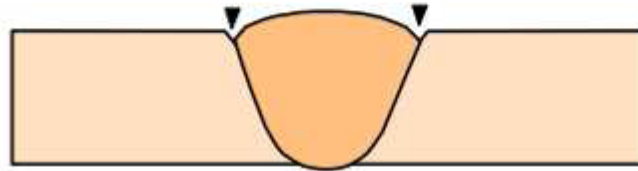


FIGURA 4.12- SOCAVADURA O MORDEDURA

Las mordeduras son causadas por un manejo inadecuado de los electrodos, la retención excesiva del arco sobre una cara de la junta, y por la corriente o alta velocidad de soldadura. En las figuras 4.13 y 4.14 se podrán observar ejemplos de socavaduras en soldaduras de bisel.



**FIGURA 4.13.- SOCAVADURA ADYACENTE A SOLDADURA
DE BISEL**



FIGURA 4.14.- SOCAVACIÓN EN CORDÓN DE SOLDADURA DE BISEL

Solapado.- Es descrita como la protrusión del metal de soldadura por delante del talón o la raíz de la soldadura. Aparece cuando el metal soldado inunda la junta y yace en el metal base adyacente. Un ejemplo se muestra en la figura 4.15.



**FIGURA 4.15.- SOLAPADO EN SOLDADURA DE FILETE Y
CON BISEL**

Concavidad.- Se produce cuando el metal de soldadura en la superficie de la cara externa, o en la superficie de la raíz interna, posee un nivel que está por debajo de la superficie adyacente del metal base. Ejemplos de los tipos de concavidades se muestran en las figuras 4.16 y 4.17.



**FIGURA 4.16.- CONCAVIDAD
EXTERNA**



**FIGURA 4.17.- CONCAVIDAD
INTERNA**

Salpicadura.- Partículas de metal expelidas durante la fusión de la soldadura de manera de no formar parte de la soldadura.

Esto se muestra en la figura 4.18.



FIGURA 4.18.- SALPICADURA EN VECINDAD DE CORDÓN DE SOLDADURA

En casos de fabricación en serie de tubos o accesorios de acero, o cuando el contratante o fiscalización lo considere necesario y dependiendo de la importancia de la obra, se realizarán radiografías donde se podrán identificar aparte de algunas de las discontinuidades ya mencionadas, la falta de fusión, falta de penetración, fisuras internas e inclusiones.

Los resultados y observaciones de la inspección de soldadura debe ser reportada en un registro donde se indique el proyecto, especificaciones del elemento inspeccionado, método de END aplicado con su descripción general y un anexo fotográfico de la

inspección del elemento. Este documento debe estar revisado y firmado por el ingeniero o personal encargado del ensayo no destructivo el cual debe tener mínimo una certificación de nivel II según el método de END aplicado. Un ejemplo de este registro se muestra en el anexo 7.

4.4 Control de Reparaciones

Si durante la ejecución de los END aplicados, VT y LP, en la superficie de la soldadura se detectase algún defecto, éste será corregido conforme al criterio que figura en la tabla que sigue:

TABLA 9
CONTROL DE REPARACIONES DE DEFECTOS DE
SOLDADURA

Descripción del defecto	Corrección
Fisuras	Saneado de las fisuras y nuevo cordón
Poros y desbordamientos	Soldar de nuevo después de sanear sea por amolado o con arco-aire. Longitud mínima de saneado 40 mm
Mordeduras	Saneado y posterior depósito de material de aportación, longitud mínima de saneado 40 mm
Concavidades y convexidades no previstas	Amolado
Otros defectos: entallas y estrías superficiales con posterior depósito de material; hendiduras de límite de aportación, etc.	Amolado o saneado por arco-aire

Una vez realizada la corrección del cordón con defecto se procederá a realizar una nueva inspección siguiendo el mismo procedimiento como la primera inspección.

El cordón solo será liberado cuando el personal técnico encargado de la inspección por END indique que no hay defectos en el cordón de soldadura ejecutado.

Una vez liberado debe quedar registrado en el documento de END y debidamente firmado por el personal calificado.

4.5 Preparación de Superficie previa Aplicación del Recubrimiento

Para el correcto tratamiento de la superficie previo a la aplicación del recubrimiento es fundamental conocer y seguir las especificaciones indicadas por el fabricante de la pintura que será aplicada respecto al tipo de preparación superficial.

Según las especificaciones de pintura indicadas en este documento en el capítulo 2.4.2, para realizar el tratamiento superficial se debe seguir lo recomendado para cada marca de pintura específica indicadas en las datas técnicas que se muestran en los anexos del 1 al 4, todo esto sin dejar de cumplir los requisitos y especificaciones indicadas en el capítulo 2.4.1 sobre tratamiento superficial.

Los resultados y especificaciones del tratamiento superficial aplicado debe estar registrado en el formato de Preparación Superficial de elementos de acero en el que el criterio de aceptación será la rugosidad o perfil de anclaje obtenidos luego del proceso realizado. Este será medido por un rugosímetro digital cuyo valor obtenido debe estar en un rango de 50 a 100 micras según el tipo de abrasivo especificado y cumpliendo con las especificaciones de tratamiento superficial de la pintura a aplicar.

En general, según los tipos de recubrimientos que se pueden considerar según este documento, el tratamiento superficial debe ser de grado metal casi blanco o SSPC-SP 10.

Este registro debe ser firmado por el ingeniero responsable del departamento de calidad de la empresa contratante. Un ejemplo de este registro se muestra en el anexo 8.

4.6 Aplicación del Recubrimiento

Una vez aceptado o liberado el proceso de tratamiento superficial se procede a la aplicación de pinturas siguiendo lo indicado en el capítulo 2.4.2.

Para el recubrimiento exterior se considerarán las siguientes pinturas:

- Cortec VPCI 396, ver ANEXO 1

- Hempel COALTAR EPOXY MASTIC 35670, ver ANEXO 2
- Belzona 5811, ver ANEXO 3

Para el recubrimiento interior se pueden considerar:

- Hempel HEMPADUR MULTI-STRENGTH 35530, ver ANEXO 3
- Belzona 5811 DW, ver ANEXO 3

Para cualquiera de los casos se debe respetar la especificación de 400 micras de espesor.

Dependiendo del tipo de pintura seleccionada y lo indicado en su hoja técnica, se aplicarán las manos de pintura necesarias considerando el grado de depósito en micras o mills por mano de pintura y los tiempos de curado que se deben respetar entre manos de aplicación.

La correcta selección del tipo de pintura dependerá de la condición particular del proyecto, respecto al tiempo de ejecución que se tiene previo a su instalación. De estas, se seleccionará considerando el tiempo de curado total de la pintura a aplicarse.

4.7 Control de Espesores de Recubrimiento

Las mediciones de espesor de este proceso serán controladas mediante equipos digitales para medición de espesores de lámina seca de recubrimiento, este equipo debe estar calibrado y verificado cada vez que se vaya a tomar una medición de control de espesor.

Los resultados de estas mediciones deben estar registrados en el formato FO-CCCO-1103 y debidamente firmado por el responsable del departamento de calidad de la empresa contratante. Un ejemplo de este registro se muestra en el ANEXO 9.

4.8 Criterios de aceptación final del elemento

Una vez terminados todos los procesos para la fabricación del tubo o accesorio de acero, el fiscalizador de la obra debe contar con todos los registros con resultados satisfactorios de cada uno de los procesos debidamente firmados por el responsable de los controles de calidad de cada proceso.

Los registros que se deben presentar son los siguientes:

1. FO-CCCO-1102 controles de soldadura
2. FO-CCCO-1104 controles de tratamiento superficial

3. FO-CCCO-1103 control de espesor de recubrimiento

Los controles de soldadura también pueden ser realizados por subcontratistas calificados como se indico en el capítulo 4.3 de este documento, en este caso no se presentará el formato FO-CCCO-1102, en su lugar se presentará el informe de la compañía que provee el servicio de END cumpliendo con lo indicado en el capítulo 4.3.

La aceptación final del elemento fabricado solo se dará teniendo los registros de los controles de todos los procesos, indicando el cumplimiento a satisfacción de todas las especificaciones descritas en este documento.

En caso que el responsable del proyecto lo estime necesario, se pueden realizar controles en el espesor de la lámina de acero para verificar que cumpla con lo establecido en el capítulo 2.2 de este documento. El reporte de este control se lo llevará en el formato FO-CCCO-1101, mismo que se muestra en el anexo 10.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del análisis y estudio realizado en este documento, se identifica la importancia de los controles necesarios durante la fabricación de los elementos de acero; desde el momento de la selección del material base, asegurándonos que este material cumplan con las características y los requerimientos necesarios para esta aplicación “**transporte de agua a presión**”. Por lo que es necesario seguir las especificaciones y recomendaciones para el control dadas en las normativas correspondientes como son:

- Cálculo del espesor adecuado, considerando todas las variables que pueden afectar en la aplicación del elemento y optimizando también así la inversión generada.
- Rolado en el proceso de fabricación.
- Soldadura, realizada con equipos, personal y procesos calificados.

- Un correcto tratamiento superficial para garantizar la adecuada adherencia de la pintura seleccionada.
- Selección de la pintura adecuada, garantizando un promedio de vida útil adecuado, controlando su espesor y correcta aplicación.

Con estos procedimientos se establecen controles de calidad necesarios para la fabricación de tubos y accesorios de acero considerados en el proyecto de rehabilitación de los grandes acueductos de la ciudad de Guayaquil para el transporte de agua potable.

Estas especificaciones y procedimientos quedan establecidos para el control de calidad de cualquier tubería y accesorio de acero, sean estos para proyecto de expansión o reparaciones puntuales en los acueductos. Esto será la guía para el control de la supervisión y fiscalización en los trabajos relacionados con la fabricación de tubos y accesorios de acero.

APÉNDICES

- Anexo 1- Ficha Técnica Cortec VPCI 396
- Anexo 2 – Ficha Técnica Hempel COALTAR EPOXY MASTIC 35670
- Anexo 3 - Belzona 5811,
Hempel HEMPADUR MULTI-STRENGTH 35530
- Anexo 4 – WPS
- Anexo 5 – PQR
- Anexo 6 – WPQ
- Anexo 7 – Reporte END
- Anexo 8 – FO-CCCO-1104
- Anexo 9 – FO-CCCO-1103
- Anexo 10 – FO-CCCO-1101

BIBLIOGRAFÍA

- AWWA, Manual M-11 Steel Water Pipe: A Guide for Design and Installation
- AWWA C-200 Steel water pipe 6in (150 mm) and larger.
- AWWA C-206 Field Welding of Steel Water Pipe
- AWWA C-203, Standard for Coal-Tar Protective Coatings and Linings for Steel Water Pipelines - Enamel and Tape - Hot-Applied.
- AWWA C-210 Standard for Liquid - Epoxy Coating System for the interior and Exterior of Steel Water Pipelines.
- AWWA C-213, Fusion bonded epoxy coating for the interior and exterior of steel water pipelines.
- ASTM A-36 Standard Specification for Carbon Structural Steel.
- ASTM A-53 Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless
- ASTM A-572 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel
- SEC IX de ANSI/ASME Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators.
- EN 1092 Flanges and their joints – Circular flanges for pipe, valves, fitting and accessories, PN designated
- NACE N°2 / SSPC 10 Near-White Blast Cleaning.
- SSPC-AB1 Mineral and Slag Abrasives

- <http://www.chil.org/agua/group/jornadas-tecnicas-sobre-conducciones-a-presion/document/instruccion-del-instituto-eduardo-torroja-para-tubos-de-hormigon-armado-o-pretensado?ss=sschb3g4432w1>
- <http://industriales.utu.edu.uy/archivos/soldadura/10%20Discontinuidades.pdf>
- http://soldadura.org.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=186&Itemid=70
- <http://publishing.yudu.com/Library/Ar47e/discontinuidadesdeso/resources/25.htm>
- <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/2880384E-FECD-4A8E-99AB-B86704BD5287/103524/22.pdf>
- http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642009000300004&script=sci_arttext
- http://industriales.utu.edu.uy/archivos/soldadura/12%20Calificacion_Proc_Sold.pdf
- <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v20n3/art04.pdf>

BASE MICRO-PROTECTORA DE URETANO DE HASTA 25 AÑOS DE DURACIÓN CORTEC VpCI - 396

Es un recubrimiento de uretano de características únicas porque contiene Inhibidores de Corrosión en Fase de Vapor VpCI, que depositan una película mono-molecular sobre las imperfecciones microscópicas del metal, protegiendo inclusive las superficies expuestas a futuros ataques de corrosión debido a golpes o ralladuras del revestimiento.

Ofrece una durabilidad sin precedentes en la protección de estructuras metálicas, debido a la elevada resistencia mecánica y superior adherencia del revestimiento al metal, en comparación a los anticorrosivos tradicionales, pero en especial, gracias a la protección de los inhibidores de corrosión de nueva generación VpCI, incorporados a nivel de la estructura molecular.

El **VpCI-396** forma un recubrimiento duro pero a la vez flexible que cura en presencia de la humedad ambiental. Ha sido reforzado con inhibidores de contacto de aluminio y posee un alto contenido de sólidos.

Ha sido calificado como un producto ambientalmente seguro debido a su bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles, VOC.

CARACTERÍSTICAS

- Bajo VOC (Compuestos orgánicos volátiles)
- Empaque de un solo componente
- Puede ser repintado a una humedad relativa superior a 80%
- Puede ser aplicado a bajas temperaturas
- Excelente adherencia
- Alto contenido de sólidos

METALES A PROTEGER

- Aluminio
- Hierro
- Acero
- Acero Galvanizado

APLICACIONES

- Puentes
- Estructuras de acero
- Tanques
- Puentes grúas
- Torres de antenas
- Torres de transmisión
- Tanques de almacenamiento de combustible
- Vallas
- Silos
- Galpones
- Reservorios de agua salada / desagües
- Superficies de hormigón armado sumergidas.

PROPIEDADES

Apariencia	Líquido viscoso de color aluminio
Tiempo de secado al tacto	1 hora @ 75° F (24°C), 50% de humedad relativa
Tiempo de espera entre capas para re-aplicación de VpCI 396	De 8 horas (@ 75° F (24° C) a 50% de humedad relativa hasta 2 semanas (máximo), dependiendo de la humedad y temperatura. Nota: Después de las dos semanas, para asegurar una buena adherencia, puede ser necesaria la aplicación suave de lija fina o una limpieza previa de la película de VpCI 396, con solvente y wipe
Tiempo de espera para aplicación de recubrimiento de acabado final sobre la VpCI 396	De 3 a 24 horas, dependiendo de la humedad y de la temperatura Nota: Leer abajo información sobre Recubrimiento Exterior
Tiempo de curado	1 semana @ 75° F (24° C), 50% de humedad relativa
Tipo de film	Duro
Punto de flash	78° F (25° C)
Contenido no volátiles	67-72% por peso, 60-62% por volumen
Tiempo de vida útil	Hasta 25 años
Rendimiento teórico	45,43 m ² / galón @ 50 micras (2 mil) DFT (Espesor de película seca) 24 m ² / litro @ 25 micras (1 mil) DFT (Espesor de película seca) Nota: 1 mil (milésima de pulgada) = 25 micras
Viscosidad	500 – 1.000 cps a 6 RPM
VOC	2,8 lb / gal (0.33 kg/l)
Densidad	9.2 – 9.7 lb / gal (1.10 – 1.16 kg/l)
Coefficiente de fricción	0.20
Adhesión	5 B
Dureza del film	4H – 7H
Resistencia a la temperatura una vez curado al 100%	- 150° F a 300° F (- 78° C a 150° C)
Almacenamiento	1 año

PREPARACION DE LA SUPERFICIE

NACE # 2, ARS High A-3, SSPC SP6 o 10. Las superficies deben estar secas y sin humedad antes de aplicación de producto.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

Preparación de producto: Batir el VpCI-396 antes de aplicar. (No utilizar cuchillas de alto corte)

Método de monitoreo de aplicación: Medidor portátil de espesor de película húmeda

Aplicación de producto: 3 a 4 mils (75-100 micras) de espesor de película húmeda se obtiene normalmente 2 a 3 mils (50 a 75 micras) de película seca. Se recomienda 2 aplicaciones.

En condiciones de alta humedad (60% - 80%) se debe reducir el espesor de película húmeda entre 2 – 2,5 mils (50 – 62 micras) y la aplicación de dos capas a tres capas podría ser requerida.

IMPORTANTE: Debido al alto contenido de sólidos no volátiles, para asegurar un correcto desempeño, se debe batir previamente la pintura micro-protectora VpCI 396 de manera adecuada hasta asegurar una completa homogeneidad, evitando en todo momento el asentamiento de residuos sólidos en el fondo del envase, los mismos que se pueden producir, inclusive después del batido inicial.

Equipo Airless spray recomendado:

Fabricante	Modelo de pistola	Combinacion Tip/Aircap
Graco	205-591	Bulldog
Binks	500	Mercury 5C
DeVibiss	JGN-501	QFA-519

La manguera debería tener un diámetro mínimo de 3/8" (0,95 cm, pero la sección final podría tener un diámetro de 1/4" (0,6 cm) para facilitar la aplicación. Se sugiere una longitud máxima para la manguera de 100 pies (30,5 m). Se obtendrá mejores resultados usando una boquilla de 0,013" – 0,017" (0,03cm – 0,04 cm) a 1.200 – 1.700 psi (83 – 117 bar)

Limpieza del VpCI 396

Solventes de bajo flash point (Xileno, tolueno, aromático 100)

Recubrimiento exterior:

Cuando se utilice el VpCI-396 como imprimante (pintura de fondo), el recubrimiento de acabado **debe ser aplicado tan pronto endurezca el VpCI 396**. Idealmente debe aplicarse un nuevo recubrimiento en un plazo máximo de 16 horas luego de aplicado el VpCI -396, dependiendo de la humedad y temperatura ambiental. Si se excede este plazo, podría ser requerido un tratamiento manual para brindar rugosidad a la superficie. En caso contrario, la adherencia de la pintura de acabado sería pobre.

Para una protección multicolor a largo plazo contra los efectos de los rayos ultravioleta se recomienda aplicar una a dos capas finales de CORTEC VpCI-386.

Nota: Si se desea aplicar una pintura de acabado diferente, deberán efectuarse previamente pruebas técnicas de adherencia. Para mayor información acerca de compatibilidad, contactar con el fabricante CORTEC.

LIMITACIONES

Aplique VpCI-396 solamente en condiciones de humedad entre 20 y 80% y temperaturas entre 32° F y 100° F (0° C y 38° C)

PRESENTACIÓN

VpCI-396 es disponible en 1 y 5 galones

ALMACENAMIENTO

Un año con el recipiente completamente cerrado

Importante: Todo envase parcialmente utilizado debería ser purgado con nitrógeno para prevenir una reacción en el envase, si el sobrante no es utilizado dentro de un día

IMPORTANTE:

PARA USO INDUSTRIAL SOLAMENTE

MANTENGA SIEMPRE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS

MANTENGA EL CONTENEDOR DEBIDAMENTE CERRADO

NO DEBE SER INGERIDO O BEBIDO

PARA UNA MAYOR INFORMACIÓN, CONSULTE CON LA HOJA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (MSDS)



HEMPEL'S COAL TAR EPOXY MASTIC 35670

35670: BASE 35679: CURING AGENT 98670

Descripción	HEMPEL'S COAL TAR EPOXY MASTIC 35670 es un recubrimiento brea epoxi curado con poliamida de alto espesor y elevado contenido en sólidos con una excelente resistencia al agua de mar, petróleo y diversos productos químicos
Uso recomendado:	Recubrimiento protector a largo plazo sobre acero y hormigón expuesto a severas condiciones corrosivas, es decir, superficies sumergidas, tanques de petróleo, tanques de decantación, tanques de lastre, zonas de salpicaduras, sistemas de alcantarillado, etc. Excelente resistencia al ataque químico que se pueda encontrar tanto en acero como en hormigón, incluyendo tuberías enterradas.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 90°C En inmersión en agua (sin gradiente de temperatura): 40°C Otros líquidos. Contactar HEMPEL
Certificados:	El producto cumple la norma ARAMCO Engineering Standard APCS-3. Ver OBSERVACIONES al dorso.
Disponibilidad	Disponibilidad sujeta a acuerdo especial.

DATOS TÉCNICOS:

Colores	19990*/ Negro.
Acabado	semi brillante
Volumen de sólidos, %:	92 ± 1
Rendimiento teórico:	4.6 m ² /l [184.5 sq.ft./US gallon] - 200 micras.
Punto de inflamación	23 °C [73.4 °F]
Peso específico	1.5 kg/ltr [12.2 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	8 - 10 hora(s) aprox. 20°C
Curado completo	7 día(s) a 20°C
Contenido en COV:	127 g/l [1.1 lb/gal EE. UU.] * otros colores según carta.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	35670
Proporción de mezcla:	BASE 35679: CURING AGENT 98670 4:1 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Brocha/Rodillo
Diluyente (vol. máx.):	08450 (5%) / 08450 (15%)
Vida de la mezcla:	8 hora(s) aprox. 20°C
Boquilla:	0.021 - 0.023 "
Presión:	250 bar [3625 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	200 - 300 micras [8 - 12 mils]
Espesor recomendado, húmedo:	225 - 325 micras [9 - 13 mils]
Intervalo de repintado, min	De acuerdo con la especificación.
Intervalo de repintado, max.	De acuerdo con la especificación.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.



HEMPEL'S COAL TAR EPOXY MASTIC 35670

PREPARACION DE SUPERFICIE:	Acero nuevo: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa y los restos similares con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Chorro abrasivo hasta metal casi blanco Sa 2½ (ISO 8501-1:1988) con un perfil de rugosidad equivalente al Rugotest N° 3, BN10a, Keane-Tator Comparator 3,0 G/S, o ISO Comparator grado de rugosidad medio (G). Aplique inmediatamente después de la limpieza. Antes de repintar, elimine a fondo todos los desperfectos del shopprimer y la contaminación por el almacenamiento y la fabricación. Reparación y mantenimiento: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa y los restos similares con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Limpie a fondo las áreas dañadas con limpieza mecánica (áreas pequeñas) o con chorro abrasivo. Los bordes elevados deben ser eliminados. Elimine los residuos. Parchee la superficie hasta el espesor especificado. Hormigón: Retire el agente desmoldeante y demás contaminantes con agentes emulsionantes seguido de un aclarado con agua dulce a presión. Elimine la lechada de fraguado y los materiales sueltos hasta conseguir una superficie dura, rugosa y uniforme, preferiblemente mediante chorreado abrasivo, posibles otro métodos como la preparación mecánica o el baño en ácidos. Sellar la superficie con una selladora adecuada según especificación.
CONDICIONES DE APLICACIÓN:	Aplíquelo únicamente sobre una superficie limpia y seca con una temperatura superior al punto de rocío para evitar condensación. Usar solo donde aplicación y curado puedan tener lugar a temperaturas por encima de: 10°C. Las temperaturas de la superficie y de la pintura también deben estar por encima de este límite. Las condiciones óptimas de pulverización para la mezcla y el bombeo se consiguen con una temperatura de: 20-25°C/68-77°F. En espacios confinados, proporcionar una ventilación adecuada durante la aplicación y el secado.
CAPA PRECEDENTE:	Hormigón: HEMPADUR SEALER 05990. Steel: Ninguna, o según especificación.
CAPA SUBSIGUIENTE::	Ninguna, o según especificación. Ver OBSERVACIONES al dorso.
OBSERVACIONES:	
ESPESOR DE PELÍCULA/ DILUCIÓN:	Puede especificarse a otro espesor de película del especificado dependiendo del propósito y área de uso. Esto alterará el rendimiento y puede influenciar al tiempo de secado y al intervalo de repintado. El rango de espesor seco es: 200-350 micras
INTERVALOS DE REPINTADO:	Para repintado, HEMPATEX HI-BUILD 46330 puede utilizarse. Se aplica pasadas 16 horas como máximo con una temperatura de superficie de 20 °C.
Nota:	HEMPEL'S COAL TAR EPOXY MASTIC 35670 Puede producirse exudación o sangrado en la capa subsiguiente. Este efecto es solo cosmético y no influye en las propiedades protectoras. es únicamente para uso profesional.
EDITADA POR:	HEMPEL A/S

3567019990

Esta Ficha Técnica sustituye a las editadas con anterioridad. Para la correcta interpretación de esta hoja, ver la "Guía para las Hojas de Características Técnicas". Los datos, recomendaciones e instrucciones que se dan en esta hoja de características corresponden a los resultados obtenidos en ensayos de Laboratorio y en la utilización práctica del producto en circunstancias controladas o específicamente definidas. No se garantiza la completa reproducibilidad de los mismos en cada utilización concreta. El suministro de nuestros productos y la prestación de asistencia técnica quedan sujetos a nuestras CONDICIONES GENERALES DE VENTA, ENTREGA Y SERVICIO y, a menos que se hayan tomado otros acuerdos específicos por escrito, el fabricante y el vendedor no asumen otras responsabilidades que las allí señaladas por los resultados obtenidos, perjuicios, daños directos o indirectos, producidos por el uso de los productos de acuerdo con nuestras recomendaciones. Las hojas de características pueden ser modificadas sin previo aviso y caducan a los cinco años. *Marca registrada por HEMPEL.

HEMPEL



NOMBRE DEL PRODUCTO

Belzona® 5811 (Immersion Grade)
 Recubrimiento de alto rendimiento, para proteger sustratos metálicos y no metálicos contra soluciones acuosas.

Se puede usar como adhesivo para reparar pegamentos de alta dureza y proporcionar de soporte en cargas irregulares, además de buenas propiedades de aislamiento térmico.

Se puede usar en equipos nuevos o en reparaciones.

FABRICANTE

Belzona Polymeric Ltd.,
 1000 Road, Harrogate,
 W.A.S., England.

Belzona Inc.,
 P.O. Box 88 Court,
 Ft. Lauderdale, Florida 33172, U.S.A.

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Material de dos componentes, aplicado por pincel o spray, diseñado para la protección de superficies metálicas y no metálicas que operan bajo inmersión o en contacto con soluciones acuosas.

- Aplicaciones:**
- Reparación de Enfriamiento
 - Reparación de sumergibles
 - Reparación de marinas y tanques efuentes
 - Reparación de almacenamiento
 - Reparación del agua
 - Reparación de visita
 - Reparación de Acero en su interior o exterior
 - Reparación de la entrada del agua
 - Reparación de conductores de sustancias químicas
 - Reparación de tuberías y estructuras enterradas

DATOS TECNICOS

Consistencia: Viscosa líquida
Color: Negro, Beige o Gris
Densidad: 1.61-1.66 g/cm³

Modo de aplicación: Líquido claro
Consistencia: Marrón oscuro
Densidad: 1.18-1.22 g/cm³

Propiedades de producto mezclado

68°F (20°C)
 Proporción de mezcla por peso (Base: Solidificador) 5 : 1
 Proporción de mezcla por volumen (Base: Solidificador) 3 : 1
 Densidad del producto mezclado: 1.39-1.42g/cm³

• Tiempo útil de vida o almacenaje
 La base y el solidificador por separado, deben tener una vida útil de al menos 5 años cuando son almacenados a temperaturas entre 0 y 30°C.

• Tiempo de vida
 Esto variara de acuerdo a la temperatura ambiente, a 20°C el tiempo útil de la mezcla es de 2 horas.

• Rendimiento
 Aplicado al espesor recomendado de 10mil (250 micrones), el rendimiento teórico será de 4 m²/litro.

• Tiempo de Fraguado
 El Belzona® 5811 debe permitirse curar por un periodo de 10 días (15°C) o 5 días (20°C) antes de ser sometido a inmersión.

5. PROPIEDADES MECANICAS Y FISICAS

Determinadas después de 7 días de fraguado a 25°C o 24 horas a 25°C seguido de 4 horas a 100°C de post fraguado.

• Adherencia Tensile Shear
 Cuando es probado bajo ASTM D1002, usando sustratos metálicos, granallados a 3-4 mil de perfil, los valores típicos obtenidos son:

	Ambiente	Post Fraguado
Aluminio	1,800 psi (112 kg/cm²)	2,260 psi (159 kg/cm²)
Cobre	2,560 psi (180 kg/cm²)	2,565 psi (180 kg/cm²)
Hierro dulce	2,700 psi (190 kg/cm²)	3,300 psi (232 kg/cm²)
Cobre	1,890 psi (133 kg/cm²)	2,080 psi (146 kg/cm²)
Acero Inox	2,510 psi (176 kg/cm²)	2,520 psi (177 kg/cm²)

• Pruebas Atlas Cell
 Cuando es probado bajo NACE estándar TM01-74 en contacto con agua a 50°C ninguna ampolla se observó en la superficie inmersa o en contacto con el vapor luego de 670 horas bajo inmersión.

• Resistencia Química
 El material demostrará excelente resistencia química a los siguientes compuestos químicos:
 10% Acido Sulfúrico
 20% Acido hidroclorehídrico
 10% Acido Fosfórico
 Hidróxido de sodio (todas las concentraciones)
 Ethyl acetato
 Ethylene glycol
 25% solución de amoniaco
 Diethanolamina
 Agua de mar
 Agua
 Petróleo
 Gasolina
 Tolueno

* Para información más detallada de la resistencia química favor refiérase a información del producto G501.

• Fuerza Compresiva
 Cuando se prueba de acuerdo a la norma ASTM D695, los valores típicos obtenidos son:
 475 kg/cm² fraguado en ambiente
 612 kg/cm² post fraguado

• Fuerzas de Flexión
 Cuando es probado bajo ASTM D790 los valores típicos obtenidos son:
 283 kg/cm² fraguado en ambiente
 406 kg/cm² post fraguado

• Dureza
 La Dureza Shore D del material probado bajo ASTM D2240 es típicamente 80 fraguado en ambiente 84 post fraguado

• Resistencia al Calor
 Para múltiples aplicaciones típicas, el material es resistente en ambientes bajo inmersión en soluciones acuosas a temperaturas hasta los 50°C. El material estará estable bajo condiciones secas a una temperatura hasta los 150°C.

TIEMPO DE FRAGUADO

TEMPERATURA	TIEMPO DE FRAGUADO		
	10°C.	20°C.	30°C.
Carga liviana	48 horas	24 horas	12 horas
Carga mecánica completa o inmersión en agua	14 días	5 días	2 días
Contacto con químicos	21 días	7 días	5 días

BELZONA® 5811

Resistencia al Impacto
Resistencia al Impacto(Izod)
Resistencia al Impacto(Charpy), cuando es probado bajo
condiciones de temperatura ambiente y post
curado a 125°C, los valores típicos obtenidos
son de 15 J/m (55 J/m) ambiente y post
curado.

**PROCEDIMIENTOS DE
PREPARACION DE
SUPERFICIE Y
APLICACION**
El método correcto de aplicación,
según las Instrucciones de Uso
de cada uno de los productos.

Especificaciones Técnicas

Publication No. 17-11-10 E

7. DISPONIBILIDAD Y COSTO

Para entrega rápida, **Belzona® 5811** puede ser procurado por medio de la red global de Distribuidores Belzona. Para mayor información, consulte al Distribuidor de Belzona en su área.

8. GARANTIA

Belzona garantiza que este producto cumple con las características de funcionamiento especificadas cuando el material es almacenado y utilizado de acuerdo a las Instrucciones de Uso del producto.

Además, Belzona garantiza que todo sus productos están cuidadosamente fabricados para asegurar los niveles de calidad más altos y son estrictamente ensayados conforme pruebas universales (ASTM, ANSI, BS, DIN, etc.). Belzona no provee garantías concernientes a la aplicación de sus productos, debido a que no tiene control en el uso del producto aquí mencionado.

9. SERVICIOS TECNICOS

Asistencia técnica está disponible por medio de consultores técnicos capacitados por la fábrica y personal de Belzona responsable de servicios técnicos investigación/desarrollo, y de los laboratorios de control de calidad.

10. SALUD Y SEGURIDAD LABORAL

Antes de utilizar este producto, consulte los Datos de Seguridad del Material incluidos con cada uno de los productos.

11. APROBACIONES/ACEPTACIONES

U S D A
PAPER BOARD INDUSTRIES
CORPORATION
RHODE ISLAND DEPARTMENT OF
TRANSPORTATION

Las especificaciones están basadas en resultados a largo plazo obtenidos en nuestros laboratorios y de acuerdo a nuestros conocimientos estos son precisos y verídicos a la fecha de esta publicación. Los resultados están sujetos a variación previa y el usuario deberá contactar a Belzona para verificar los datos técnicos antes de su compra o especificación. No se implica u ofrece una garantía relevante a la precisión de los datos. No asumimos ninguna responsabilidad por su rendimiento, desempeño, o lesión como resultado de su uso. Nuestra obligación, de existir alguna, se limita al reemplazo del producto. Belzona no ofrece ninguna otra garantía, ni expresa ni implícita, ya sea por estatutos o por la ley, incluyendo comercialización o aptitud para un fin particular.

Esta declaración deberá excluir o limitar la responsabilidad civil de Belzona si dicha responsabilidad por ley no puede ser excluida o limitada.
Belzona International Limited. Todos los derechos reservados. Algunas partes de estos textos poseen copyright © 1996-2009 de Belzona International Limited. Ninguna parte de esta texto protegido por el copyright citado podrá ser reproducido en forma alguna o por ningún medio - gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación, mecanografiado o sistemas de almacenamiento y rebusa de la información - sin la autorización del editor Belzona®.

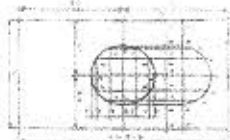
Europe & Africa
Belzona Polymerics Ltd.
Harrogate, UK
t: +44 (0) 1423 567841
f: +44 (0) 1423 505967
e: belzona@belzona.co.uk

The Americas
Belzona Inc.,
Miami, FL USA
t: +1 (305) 594 4994
f: +1 (305) 599 1140
e: belzona@belzona.com

Asia & Oceania
Belzona Asia Pacific
Chonburi, Thailand
t: +66 38 491031
f: +66 38 491102
e: belzona@belzona.cn

China
Belzona Hong Kong
Hong Kong, China
t: +852 3101 7481
f: +852 3101 7530
e: belzona@belzona.hk





TIMEC S.A.

TRADING INTERNATIONAL
 MARKET ENGINEERING CENTER
 Km. 7.5 Viala Ovale Av. 11, Dpto. J
 San José, Costa Rica 224002
 Tel: +506 22400222
 Fax: +506 22400222
 E-mail: info@timec.com

QW- 482 WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code

(1/2)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

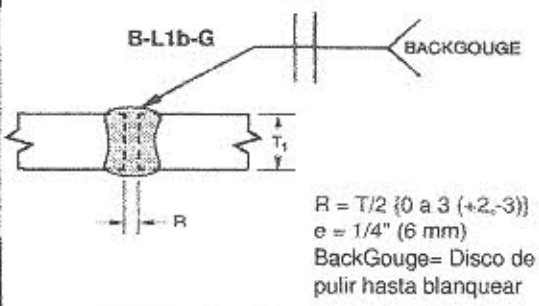
(ASME, Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name	<u>TIMEC S.A.</u>	By:	<u>LPAC</u>
Welding Procedure Specification No.	<u>CHT-01</u>	Date:	<u>7-Jan-12</u>
Revision No.	<u>0</u>	Supporting PQR No.	<u>Por Calificar</u>
Welding Process (es)	<u>GMAW - S</u>	type (s):	<u>Semi Automatic</u> (Automatic, Manual, Machine, or Semi-Automatic)

JOINTS (QW-402)

Details

Joint Desig:	<u>Butt Joint</u>
Backing (Yes):	<u>-</u> (No): <u>x</u>
Backing Material (Type):	<u>N/A</u>
	(Refer to both backing and retainers)
<u>-</u> Metal	<u>-</u> Nonfusing Metal
<u>-</u> Nonmetallic	<u>-</u> Other

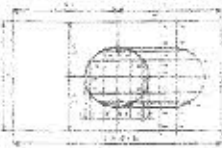


BASE METALS (QW-403)

P No.	<u>1</u>	Group No.	<u>1</u>	to P No.	<u>1</u>	Group No.	<u>1</u>
Specification type and grade to specification type and grade	<u>ASTM - SA 36</u>						
OR	<u>ASTM - SA 36</u>						
Chem. Analysis and Mech Prop. to Chem. Analysis and Mech Prop.	<u>N/A</u>						
Thickness Range:	<u>N/A</u>						
Base Metal:	<u>Groove</u>	<u>1/16" up to 3/8"</u>	Fillet	<u>All sizes</u>			
Pipe Dia., Range		<u>Up 24"</u>	Fillet	<u>All sizes</u>			
Other	<u>N/A</u>						

FILLER METALS (QW-404)

Spec. No. (SFA)	<u>GMAW-S</u>
AWS No. (Class)	<u>SFA 5.18</u>
F-No.	<u>ER 70S-6</u>
A-No.	<u>6</u>
Size of filler Metals	<u>1</u>
Weld Metal	<u>0.035" (0.9 mm)</u>
Thickness Range	
Groove	<u>Up to 3/8"</u>
Fillet	<u>All</u>
Electrode Flux (Class)	<u>N/A</u>
Flux Trade Name	<u>N/A</u>
Consumable Insert	<u>N/A</u>
Other	<u>N/A</u>



TIMEC S.A.

TRAINING INTERNATIONAL
 MARKET ENGINEERING CENTER
 Av. 7 y 13 No. 4 y 11 C.A. 3
 Telf: 099146 2210021 2250000
 19254x 199 04 2250025 - email: timec@timec.com.ve
 GUAYAS - VENEZUELA

QW- 482 (Back)

(2/2)

POSITION (QW-405)		POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)	
Position(s) of Groove	ALL	Temperature Range	According process
Welding Progression	Up YES Down -	Time Range	N/A
Position(s) of Fillet	All		

PREHEAT (QW-406)		GAS (QW-408)		
Preheat Temp.	Min. 0 °C	Percent Composition		
Interpass Temp.	Max. According process	Shielding	Gas(es)	Mixture
Preheat Maintenance	According process	Argón	-	80%
(Continuous or special heating where applicable should be recorded)		CO2	-	20%
				Flow Rate
				35 CFH

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)			
Current AC or DC	GMAW-S (DC)	Polarity	GMAW-S (DC-EP)
Amps (Range)	GMAW-S (105-150) Amp	Volts (Range)	GMAW-S (18.5 a 23.5 V)
Tungsteno Electrode Size and Type	N/A		
Mode of Metal Transfer for GMAW	Short Circuit		
Electrode wire feed speed range	According process		

TECHNIQUE (QW-410)	
String or Weave Bead	String or Weave Bead
Orifice or Gas Cup Size	N/A
Initial and interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc)	Grinding, Wire Brush, etc
Method of Back Gouging	Grinding
Oscillation	N/A
Contact Tube to Work Distance	12 +/- 6 mm
Multiple or Single Pass (per side)	Multiple
Multiple or Single Electrodes	N/A
Travel Speed (Range)	According process
Peening	N/A
Other	N/A

Weld Layer	Process	Filler Metals		Current		Volt Range	Speed Range	Other
		Class	Dia.	Type Polar.	Amp. Range			
1 Root	GMAW-S	ER 70S-6	0.035"	DCEP	105 - 135	18.5-21.5	As required	BackGougin
2,... N	GMAW-S	ER 70S-6	0.035"	DCEP	115 - 150	20.5-23.5	As required	N/A

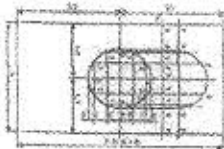
Ing Gustavo Moreno
 TIMEC S.A.
 Constructor

Autorizado Por:



Luis P Ajlla Camacho
 CWR 08011291
 QC1 EXP. 1/1/2014

Ing Luis Paúl Ajlla Camacho
 ICS - CESOL Nivel 3; No 1125
 CWI-AWS No. 08011291



TIMEC S.A.

TRADING INTERNATIONAL
 MARKET ENGINEERING CENTER
 Km. 7 1/2 Via a Daule, Av. 11, Casa 3
 Telf: 003 04 2250024 - 2250450
 Telefax: 593 04 2250025 + e-mail: timec@net.com.ec
 GUAYAQUIL - ECUADOR

QW- 482 WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code

(1/2)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

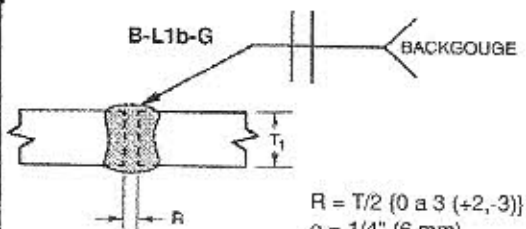
(ASME, Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name	<u>TIMEC S.A.</u>	By:	<u>LPAC</u>
Welding Procedure Specification No.	<u>CHT-01</u>	Date:	<u>7-Jan-12</u>
Revision No.	<u>1</u>	Date:	<u>9-Feb-12</u>
Supporting PQR No.	<u>TIMEC PQR02</u>		
Welding Process (es)	<u>GMAW - S</u>	type (s):	<u>Semi Automatic</u>
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Automatic)			

JOINTS (QW-402)

Details

Joint Desing:	<u>Butt Joint</u>
Backing (Yes):	<u>-</u> (No): <u>x</u>
Backing Material (Type):	<u>N/A</u>
(Refer to both backing and retainers)	
- Metal	<u>-</u> Nonfusing Metal
- Nonmetallic	<u>-</u> Other



$R = T/2$ (0 a 3 (+2,-3))
 $e = 1/4"$ (6 mm)
 BackGouge= Disco de pulir hasta blanquear

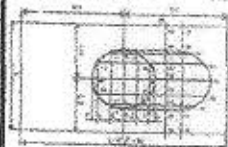
BASE METALS (QW-403)

P No.	<u>1</u>	Group No.	<u>1</u>	to P No.	<u>1</u>	Group No.	<u>1</u>
OR							
Specification type and grade	<u>ASTM - SA 36</u>						
to specification type and grade	<u>ASTM - SA 36</u>						
OR							
Chem. Analysis and Mech Prop.	<u>N/A</u>						
to Chem. Analysis and Mech Prop.	<u>N/A</u>						
Thickness Range:							
Base Metal:	<u>Groove</u>	<u>1/16" up to 3/8"</u>	Fillet	<u>All sizes</u>			
Pipe Dia., Range		<u>Up 24"</u>	Fillet	<u>All sizes</u>			
Other	<u>N/A</u>						

FILLER METALS (QW-404)

Spec. No. (SFA)	<u>GMAW-S</u>
AWS No. (Class)	<u>SFA 5.18</u>
F-No.	<u>ER 70S-6</u>
A-No.	<u>6</u>
Size of filler Metals	<u>1</u>
Weld Metal	<u>0.035" (0.9 mm)</u>
Thickness Range	
Groove	<u>Up to 3/8"</u>
Fillet	<u>All</u>
Electrode Flux (Class)	<u>N/A</u>
Flux Trade Name	<u>N/A</u>
Consumable Insert	<u>N/A</u>
Other	<u>N/A</u>

[Handwritten signature]



TIMEC S.A.

TRADING INTERNATIONAL
 MARKET ENGINEERING CENTER
 Km. 7 1/2 Ma. a D. de, Av. 11, Calle 3
 Telf.: 503 04 2250004 - 2250455
 Telfax: 503 04 2250005 - e-mail: timec@timec.com.ec
 GUAYAS - ECUADOR

QW- 482 (Back)

(2/2)

POSITION (QW-405)

Position(s) of Groove ALL
 Welding Progreasion Up YES Down -
 Position(s) of Fillet All

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range Acording process
 Time Range N/A

PREHEAT (QW-406)

Preheat Temp. Min. 0 °C
 Interpass Temp. Max. Acording process
 Preheat Maintenance Acording process
 (Continuous or special heating where applicable should be recorded)

GAS (QW-408)

Shielding	Percent Composition		
	Gas(es)	Mixture	Flow Rate
	SG AC20		35 CFH
Argón	-	80%	-
CO2	-	20%	-

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC GMAW-S (DC) Polarity GMAW-S (DC-EP)
 Amps (Range) GMAW-S (105-150) Amp Volts (Range) GMAW-S (18.5 a 23.5 V)

Tungsteno Electrode Size and Type N/A

Mode of Metal Transfer for GMAW Short Circuit

Electrode wire feed speed range Acording process

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead String or Weave Bead
 Orifice or Gas Cup Size N/A
 Initial and interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc) Grinding, Wire Brush, etc

Method of Back Gouging Grinding

Oscillation N/A

Contac Tube to Work Distance 12 +/- 6 mm

Multiple or Single Pass (per side) Multiple

Multiple or Single Electrodes N/A

Travel Speed (Range) Acording process

Peening N/A

Other N/A

Weld Layer	Process	Filler Metals		Current		Volt Range	Speed Range	Other
		Class	Dia.	Type Polar.	Amp. Range			
1 Root	GMAW-S	ER 70S-6	0.035"	DCEP	105 - 135	18.5-21.5	As required	BackGougin
2,... N	GMAW-S	ER 70S-6	0.035"	DCEP	115 - 150	20.5-23.5	As required	N/A

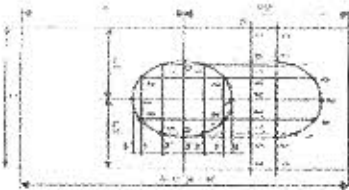
Ing Gustavo Moreno
 TIMEC S.A.
 Constructor

Autorizado Por:



Luis P Ajila Camacho
 CMI 08011291
 OC1 EXP. 1/1/2014
 Ing Luis Paul Ajila Camacho
 ICS - CESOL Nivel 3; No 1125
 CWF-AWS No. 08011291

Luis Paul Ajila Camacho
 Ing. Mecánica-C:MEG No. 04 09 943
 Inspector Soldadura Nivel III
 CESOL No. 1125



TIMEC S.A.

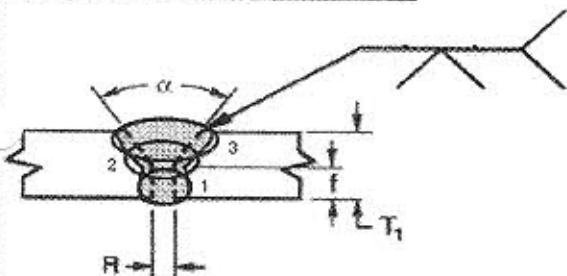
TRADING INTERNATIONAL
 MARKET ENGINEERING CENTER.
 Km. 7 1/2 Via a Daule, Av. 11, Calle 3
 Tels.: 593 04 2250024 - 2250450
 Telefax: 593 04 2250025
 e-mail: timec@timec.com.ec
 GUAYAQUIL - ECUADOR

PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)

(Section IX, ASME, Boiler and Pressure Vessel Code)
 Record Actual Conditions Used to Weld Test Coupon.

Company Name **TIMEC S.A.**
 Procedure Qualification Record No. **TIMEC PQR 02** Date: **9 de Febrero, de 2012**
 WPS No. **TIMEC-WPS 03**
 Welding Process (es) **GMAW-S (Short Circuit Arc)**
 Type (Manual, Automatic, Semi-Auto) **Semi-Automatic**

JOINTS (WQ-402)



Valores

Ángulo	60°
R	1/8" (3.0 mm)
f	1/8" (3.0 mm)
T1	1/2" (12 mm)

BASE METALS (QW-403)

Material Spec. **SA 36**
 Type or Grade **N/A**
 P-No. **1** to P-No. **1**
 Thickness of Test Coupon **1/2" (12 mm)**
 Diameter of Test Coupon **ALL**
 Other **N/A**

POSTWELD HEAT (QW-407)

Temperature **N/A**
 Time **N/A**
 Other **N/A**

FILLER METALS (QW-404)

SFA Specification **SFA 5.18**
 AWS Classification **ER 70S-6**
 Filler Metal F-No. **6**
 Weld Metal Analysis A-No. **1**
 Size of filler Metals **0.035" (0.9 mm)**
 or **N/A**
 Weld Metal Thickness **1/2" (12 mm)**

GAS (QW-408)

Shielding	Percent Composition		
	Gas (es)	Mixture	Flow Rate
	SG AC20	80 Ar	35 cfh
		20 CO2	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current **(GMAW-S) DC**
 Polarity **GMAW-S DCEP**
 Amps. **See Table** Volts **See Table**
 Otros:

POSITION (QW-405)

Position of Groove **3 G**
 Weld Progression (Uphill / Downhill) **Uphill**
 Other **N/A**

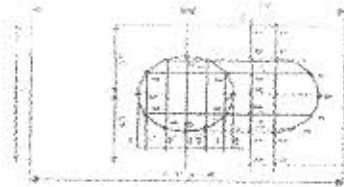
TECHNIQUE (QW-410)

Travel Speed **See Table**
 String or Weave Bead **String and Weave**
 Oscillation **N/A**
 Multipass or Single Pass (per side) **Multipass**
 Single or Multiple Electrodes **N/A**
 Others **Cleaning, with wire brush**
 Grinding

PREHEAT (QW-406)

Preheat Temp. **T Amb. > 0 °C (30 °C)**
 Interpass Temp. **According to Process**
 Others **N/A**

Bead	Class	Diam	Type Polar.	Stick OUT	Amp	Volt	T Speed	Obs.
1	ER 70S-6	0.035"	DC EP	1/2"	121	18.8	6.50 IPM	Raiz
2	ER 70S-6	0.035"	DC EP	1/2"	128	20.0	3.75 IPM	Relleno, Osci
3	ER 70S-6	0.035"	DC EP	1/2"	137	20.5	3.52 IPM	Relleno, Osci



TIMEC S.A.

TRADING INTERNATIONAL
 MARKET ENGINEERING CENTER
 Km. 7 1/2 Via a Doble Av. 11, Case 3
 Telfs.: 593 04 2250074 - 2250450
 Telefax: 593 04 2250075
 e-mail: timec@timec.com.ec
 GUAYACIL - ECUADOR

QW - 483 (Back)

PQR No: TIMEC PQR-02

Tensile Test (QW - 150)

ESPOL No. 12 - 035

Specimen No No	Wide in	Thickness in	Area in 2	Ultimate Total Load lb	Ultimate Unit Stress psi	Type of Failure & Location
12-1609	0.742	0.470	0.349	21088	60482	M B
12-1610	0.744	0.470	0.350	20966	59890	M B

Resultado : Aprobado, rotura fuera de la soldadura dentro del rango del Esfuerzo ultimo del ASTM A36

Guided- Bend Tests (QW - 160)

ESPOL No. 10 - 076

Type and Figure No.	Probeta	Result
Side Bend (QW-462.2)	12-1611	ok
Side Bend (QW-462.2)	12-1612	ok
Side Bend (QW-462.2)	12-1613	ok
Side Bend (QW-462.2)	12-1614	ok

Resultado : Aprobado, no se presentan fisuras ni discontinuidades

Others Test

Visual examination of Completed Weld (QW- 144)

Okay, 7 Enero de 2012

Welder's Name: José Parrales
 Test Conducted by: Ing Luis P. Ajila

Clock No. _____ Stamp No. W JP 00
 Laboratory Test No. Espol No. 12-035
CWI 08011291

We certify that the statements in this record correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.

Manufacturer TIMEC S.A.
Ing Gustavo Moreno.



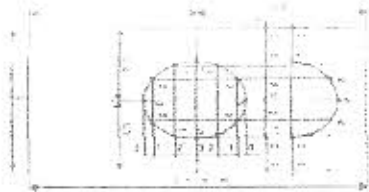
Luis P. Ajila Camacho
CWI 08011291
QC1 EXP. 1/1/2014

Date: 09 Febrero de 2012

By: Luis Paúl Ajila Camacho
ICS-CESOL No 1125 / CWI-AWS No 08011291

Detail of test are illustrative only may be modified to conform to the type and number of test required by the Code.

Luis Paúl Ajila Camacho
Ing. Mecánica-C:MEG No. 01 09 943
 Inspector Soldadura Nivel III
 CESOL No. 1123



TIMEC S.A.

TRADING INTERNATIONAL
 MARKET ENGINEERING CENTER
 Km. 7 1/2 Via a Daire, Av. 11, Calle 5
 Tels.: 593 04 2250024 - 2250450
 Telefax: 593 04 2250025
 e-mail: timec@timec.com.ec
 GUAYACIL - EQUADOR

QW - 484A WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WPQ)

(See QW - 301, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Welder's name Julio Angulo M.
 Identification No. 0 91536084-6
 Stamp, (Welder) W-03



Test Description

Identification of WPS CHT-01 Test coupon x Production weld
 Specification of base metal(s) SA 36 Thickness 1/4" (6,4 mm)

Testing Conditions and Qualification Limits

Welding Variables (QW-350)	Actual Values		Range Qualified	
	GMAW-S		GMAW-S	
Welding Process	Semi-auto		Semi-auto	
Type (ie: manual, semi-auto) used	backing Weld		BackingWeld	
Backing (metal, weld metal, double-welded, etc)	1/4" (6 mm)		1/4" up to 1/2", and pipe over 24"	
Plate <u>X</u> Pipe _____ (enter diameter if pipe or tube)	P.No 1		P No. 1 Trough P No. 11	
Base metal: P or S-Number <u>to</u> P or S-Number	SFA 5.18			
Filler metal or electrode specification(s) (SFA) (info only)	ER70S-6			
Filler metal or electrode classification(s) (info only)	F No. 6		F No 6	
Filler metal F-Number (s)	1/4" (6 mm)		To Up 1/2" (12 mm)	
Deposit thickness for each process	1G		1G, Plate and Pipe over 24"	
Position qualified (2G, 6G, 3F, etc.)	UP		Up	
Vertical progression (uphill or downhill)	Short circuit		Short Circuit	
Mode Transfer, for GMAW	DC EP		DCEP	
Current type/polarity (AC, DCEP, DCEN)				

RESULTS

Visual Examination of Completed weld (QW-302.4) Okay
 Transverse face and root bends [QW-462.3(a)]

ID	Type	Result
JA-F	FACE	OK
JA-R	ROOT	OK

Welding supervised by Ing Paul Ajila C.

We certify that the statements in this record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.

Organization TIMEC S.A.



Luis P Ajila Camacho
 CWI 08011291
 QC1 EXP. 1/1/2014

Date Enero 10, 2012

By Ing. Luis P. Ajila C.

ICS-CESOL NO. 1125 / CWI-AWS No 08011291

Proyecto	Plan Huancavilca tubería 1050mm		
Fiscalizador	Jorge Toral	Centro de Costo	
Contratista	BIOANDINA S.A	No. de Contrato	
Dirección	MAPASINGUE ESTE CALLE PRIMERA	No. de Solicitud	S/N
Tipo de accesorio o elemento	KIT DE REPARACIÓN TUBO Ø1050mm	Fecha de prueba	21/01/2013

Verificación del Accesorio o Elemento	Cumple <input checked="" type="checkbox"/> No cumple <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/>
--	---

Espesor inicial del accesorio (mm)	12
---	----

Material base	ACERO ASTM A - 36
----------------------	-------------------

ESPESOR DE LAMINA REQUERIDO

* Se permite un desgaste maximo del 15% del espesor inicial

* En caso de no conocer el espesor inicial, se debera respetar el espesor de diseño que dependera de diametros y presiones nominales y este debera de tener minimo 6 mm

MEDICIONES (mm)	PROMEDIO POR PUNTOS	PROMEDIO FINAL
12,10	11,66	11,79
11,90		
10,98		
11,85	11,57	
10,90		
11,95		
12,00	12,03	
11,87		
12,23		
11,85	11,90	
11,98		
11,88		

EVIDENCIA FOTOGRAFICA



<u>Verificación del Equipo</u>	
Codigo del equipo	ESM-CCCO-016 Operativo <input checked="" type="checkbox"/> No operativo <input type="checkbox"/>

Observaciones

REVISADO	REALIZADO
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD Y DIAGNÓSTICO DE REDES FABRICIO COSTA	SUPERVISOR /AST. TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD Y DIAGNÓSTICO DE REDES NELSON FIGUEROA P.

Proyecto	BY PASS PLAN HUANCAVILCA		
Fiscalizador	ING. JAVIER GUEVARA - ING. CARLA GRACIA	Centro de Costo	2-02-06-04-001
Contratista	HIDALGO & HIDALGO	No. de Contrato	EN TRAMITE
Dirección	DR. ISIDRO AYORA Y AV. DE LAS AMERICAS	No. de Solicitud	8583
Tipo de accesorio	CODO DE 45° (2u)	Fecha de prueba	14/03/2013

CARACTERISTICAS DEL RECUBRIMIENTO

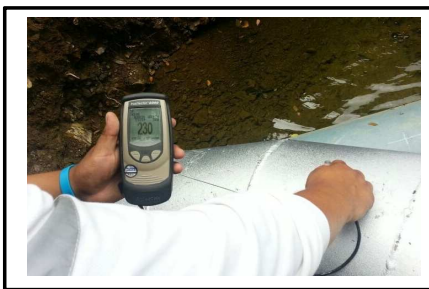
TIPO DE PINTURA INTERNA	N/A	Tiempo de curado	S/N	GALVANIZADO EN CALIENTE	SI <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE PINTURA EXTERNA	N/A	Tiempo de curado	S/N		NO <input type="checkbox"/>
Verificación del Accesorio				Cumple <input checked="" type="checkbox"/>	Para el caso de galvanizado, colocar espesor de lamina
				No cumple <input type="checkbox"/>	

INTERNO		
MEDICIONES (micras)	PROMEDIO POR PUNTOS	PROMEDIO FINAL
164	195	190
206		
215		
140	150	
136		
174		
170	180	
220		
150		
274	233	
182		
244		

EXTERNO		
MEDICIONES (micras)	PROMEDIO POR	PROMEDIO FINAL
204	199	211
198		
194		
168	173	
168		
182		
210	218	
215		
228		
284	255	
190		
290		

RECUBRIMIENTO MINIMO REQUERIDO
Espesor de pintura Interno: 400 micras Externo: 400 micras
Espesor de galvanizado De acuerdo a espesor de acero de: * 1-3 mm: 50 micras * 3-6 mm: 75 micras * mayor o igual a 6 mm: 80 micras

EVIDENCIA FOTOGRAFICA



Verificación del Equipo

Codigo del equipo	ESM-CCCO-	Operativo <input checked="" type="checkbox"/>	No operativo <input type="checkbox"/>
-------------------	-----------	---	---------------------------------------

Observaciones

REVISADO	REALIZADO
SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD Y DIAGNÓSTICO DE REDES ING. DAVID NAVARRO	SUPERVISOR /AST. TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD Y DIAGNÓSTICO DE REDES NELSON FIGUEROA P.

Proyecto	Plan Huancavilca		
Fiscalizador	Jorge Toral	Centro de Costo	
Contratista	TIMEC	No. de Contrato	
Dirección		No. de Solicitud	
Tipo de accesorio	Neplo 1050	Fecha de prueba	21/01/2013

VERIFICACIÓN DEL ACCESORIO	
Cumple	<input checked="" type="checkbox"/>
No cumple	<input type="checkbox"/>

TIPO DE ABRASIVO	
ARENA	<input checked="" type="checkbox"/>
GRANALLA METALICA	<input type="checkbox"/>

CARACTERÍSTICAS DEL RECUBRIMIENTO	
TIPO DE PINTURA INTERNA	Hempel Multistrength 35530
TIPO DE PINTURA EXTERNA	Cortec VPCI 396

INTERNO		
MEDICIONES (micras)	PROMEDIO POR PUNTOS	PROMEDIO FINAL
87	88,33333333	86
90		
88		
92	89,33333333	
89		
87		
75	81	
88		
80		
78	84,33333333	
90		
85		

EXTERNO		
MEDICIONES (micras)	PROMEDIO POR	PROMEDIO FINAL
84	83,33333333	89
86		
80		
115		
90	100	
95		
90		
80	85	
85		
81		
93	86,33333333	
85		

RUGOSIDAD MINIMA REQUERIDA
50 - 100 micras (µm)
2 - 4 mil

EVIDENCIA FOTOGRAFICA



Verificación del Equipo

Codigo del equipo	ESM-CCCO-018	Operativo <input checked="" type="checkbox"/>	No operativo <input type="checkbox"/>
-------------------	--------------	---	---------------------------------------

Observaciones

REVISADO	REALIZADO
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD Y DIAGNÓSTICO DE REDES	SUPERVISOR /AST. TÉCNICO DE CONTROL DE CALIDAD Y DIAGNÓSTICO DE REDES

Proyecto	PROYECTO PLAN HUANCABILCA		
Fiscalizador	ING. BETTY GARCIA	Centro de Costo	-
Contratista	TIMEC	No. de Contrato	-
Dirección	-	No. de Solicitud	-
Tipo de accesorio	NEPLO DE 700 MM BRIDADO CON SALIDA CAMPANA	Fecha de prueba	19/08/2013

INFORMACIÓN GENERAL

Material base	ASTM A - 36
Modo de aplicación del penetrante:	Spray
Medio de secado de la superficie:	Evaporación normal
Medio de remoción del exceso de penetrante:	Solvente en spray
Método de aplicación:	Pasante <input type="checkbox"/> Superficial <input checked="" type="checkbox"/>
Tiempo de Penetración:	10 min.
Tipo de revelador:	Húmedo no acuoso
Medio de observación:	LUZ NATURAL
Medio de limpieza final:	Solvente en spray

Verificación del Accesorio	Cumple <input checked="" type="checkbox"/>
	No cumple <input type="checkbox"/>

ELEMENTOS INSPECCIONADOS

NEPLO DE 700 MM BRIDADO CON SALIDA CAMPANA	
	X
	X
	X
	X

RESULTADOS :

1.- Se encontraron pequeñas porosidades en la soldadura, se solicitó que estas sean reparadas
2.- Se hizo una última revisión de los cordones el día 21 de Agosto, no se encontró imperfección alguna por lo que el neplo quedó liberado
X
X
X
X

EVIDENCIA FOTOGRAFICA



Observaciones

REVISADO

JEFE DE CONTROL DE CALIDAD Y
DIAGNÓSTICO DE REDES

ING. FABRICIO COSTA

REALIZADO

SUP. DE CONTROL DE CALIDAD Y
DIAGNÓSTICO DE REDES

ADRIANA ESPINOZA L.

AD-NDT-2716

REFERENCIAS

NOTAS

LAS TUBERÍAS Y ACCESORIOS SERÁN FABRICADOS EN LÁMINA DE ACERO AL CARBON ASTM A 283 GRADO D, SEGÚN ESPECIFICACIONES AWWA o NORMAS INTERNACIONALES RECONOCIDAS.

EL DISEÑO DE SOLDADURA SERÁ DE ACUERDO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA CALIFICADO O WPS.

LOS ELECTRODOS SERÁN SEGÚN PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA CALIFICADO O WPS. SEGÚN CARACTERÍSTICAS DE CORRIENTE ELÉCTRICA Y POSICIÓN DE LA SOLDADURA. DEBERÁN DE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS SEÑALADOS EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA AMERICAN WELDING SOCIETY Y DE LA AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS PARA ELECTRODOS DE SOLDADURA EN ARCO EN ACERO DULCE (MILD STEEL ARC - WELDING ELECTRODES) DESIGNACIÓN A-5.1 DE LA AWS Y A-233 DE LA ASTM.

PREVIA LIMPIEZA DE LA TUBERÍA A METAL CASI BLANCO, POR MEDIO DE CHORRO DE ARENA O GRANALLA METÁLICA, CONFORME A LAS ESPECIFICACIONES SSP-SP N° 10 DE STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL o SA-2½ DE LAS ESPECIFICACIONES ISO-8501.1 LIQUID EPOXY COATING SYSTEMS FOR INTERIOR AND EXTERIOR OF STEEL WATER PIPELINES. SE APLICARÁ:

TUBOS Y ACCESORIOS Ø ≥ 400 MM.
SE APLICARÁN REVESTIMIENTOS ORGÁNICOS REVESTIMIENTO EXTERIOR.

- EPOXI ZINC (PRIMERA CAPA); E = 75 µ. (MICRAS).
- COALTAR EPOXI (SEGUNDA CAPA); E = 325 µ. (MICRAS).
- ESPESOR TOTAL; E = 400 µ. (MICRAS).

REVESTIMIENTO INTERIOR.

- BELZONA 5811 DW PARA CONSUMO HUMANO NSF-61
ESPESOR TOTAL E = 400 µ. (MICRAS).

TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE ACERO EXPUESTAS - AÉREAS.
REVESTIMIENTO EXTERIOR.

- EPOXI ZINC.ESPESOR TOTAL E = 200 µ. (MICRAS).

LAS MEDIDAS ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS

REVISIONES

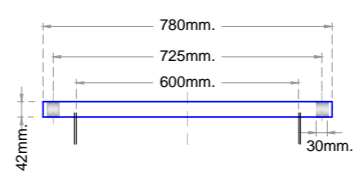
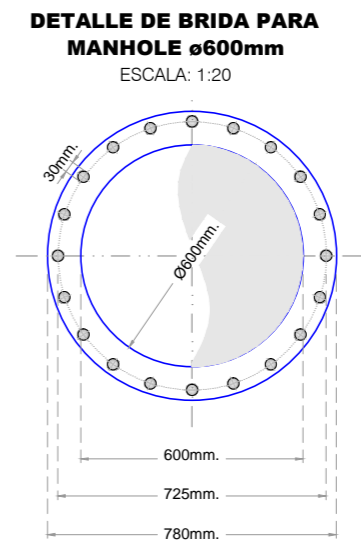
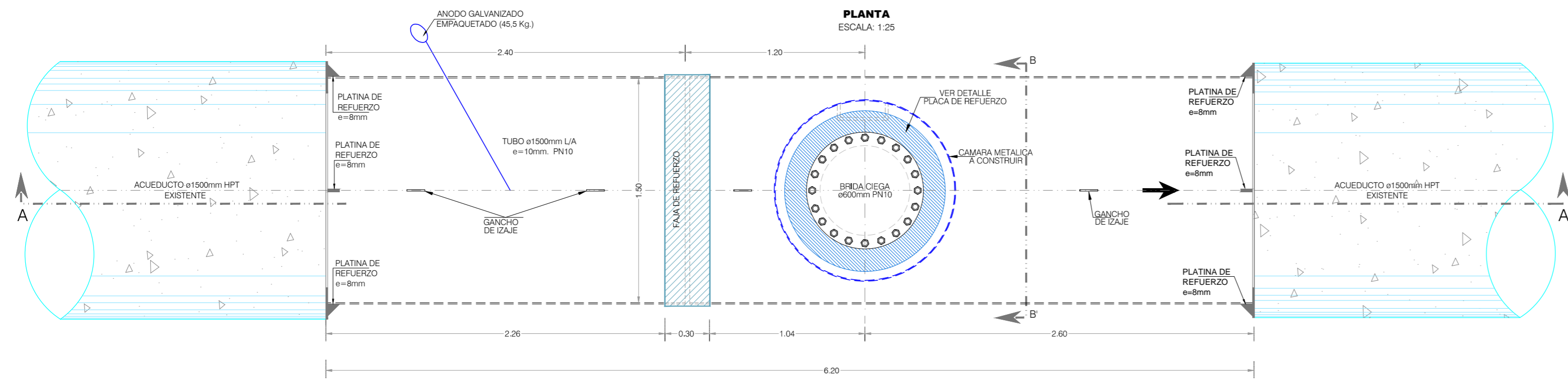
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	DIS.	REV.	APRB.

SUB-GERENCIA DE PROYECTOS
INTERNATIONAL WATER SERVICES



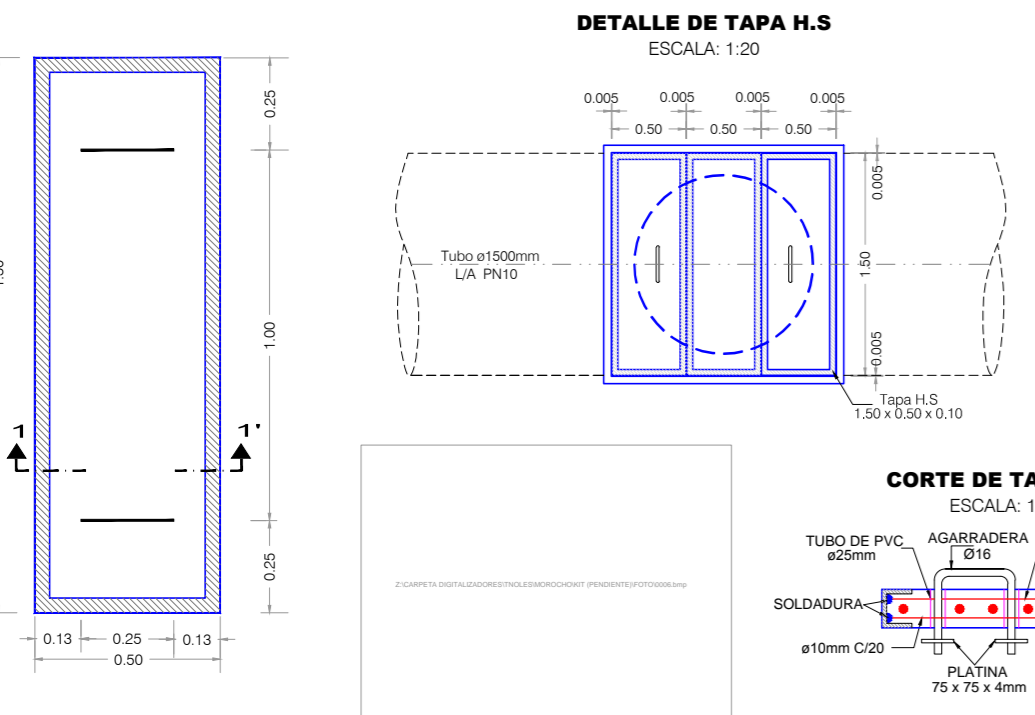
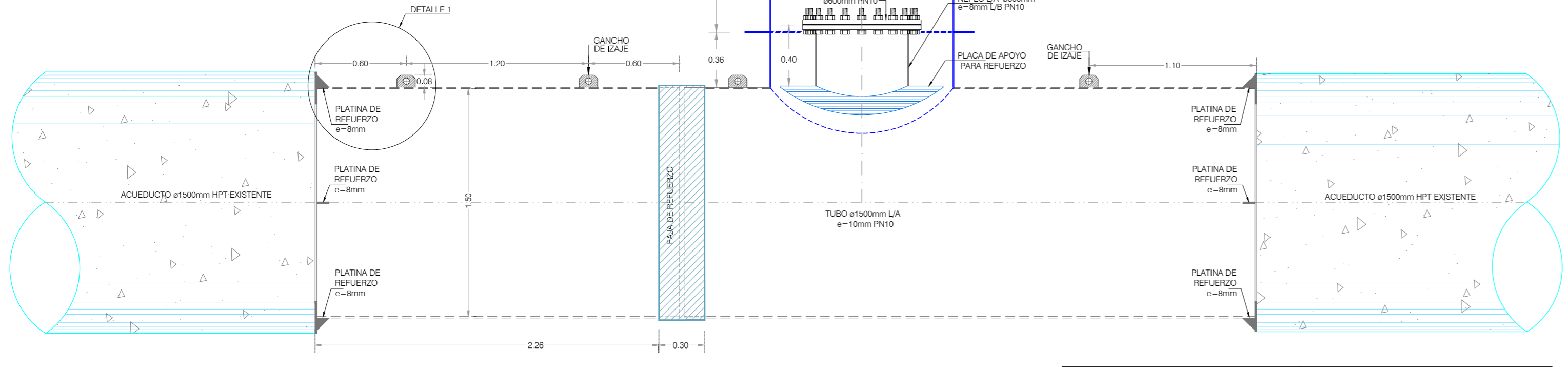
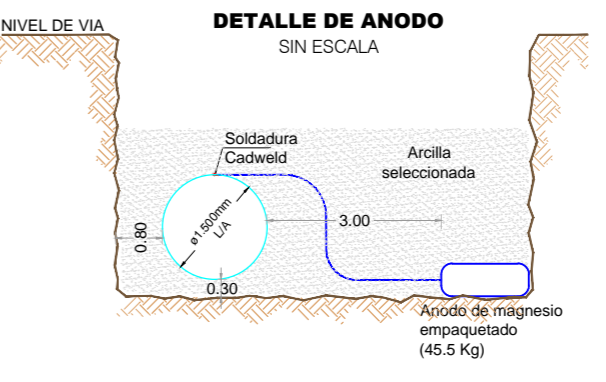
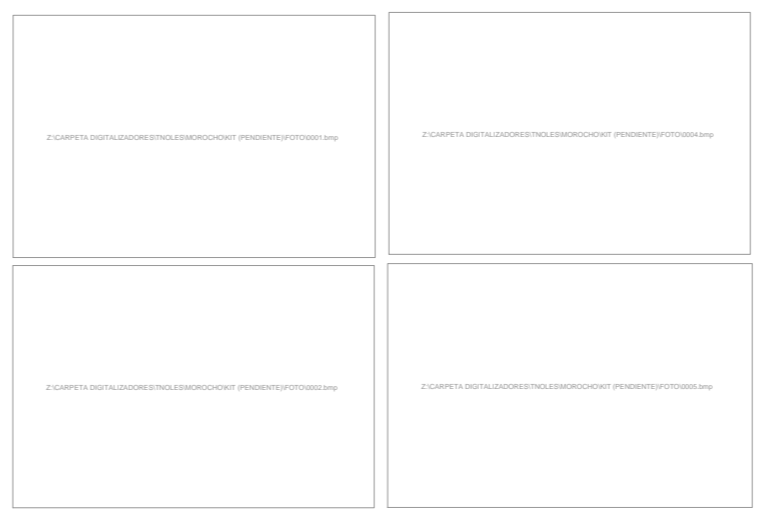
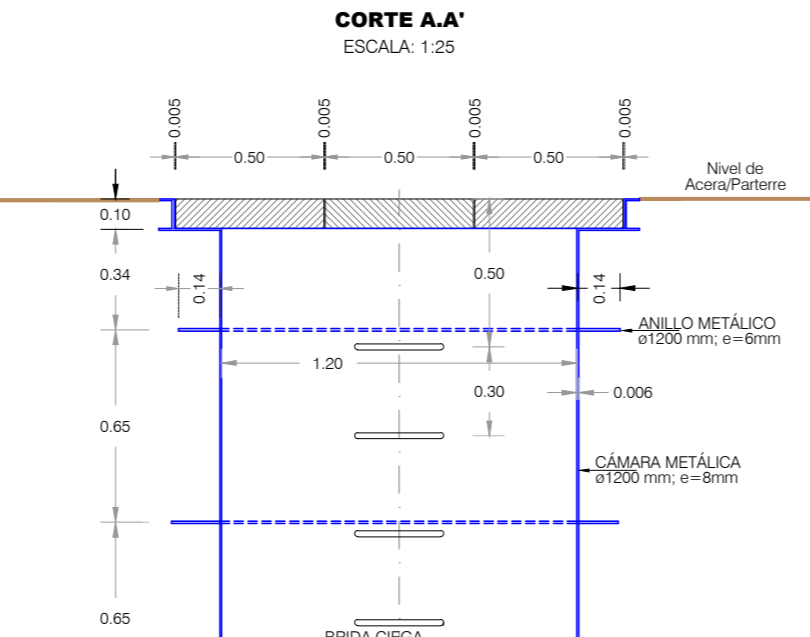
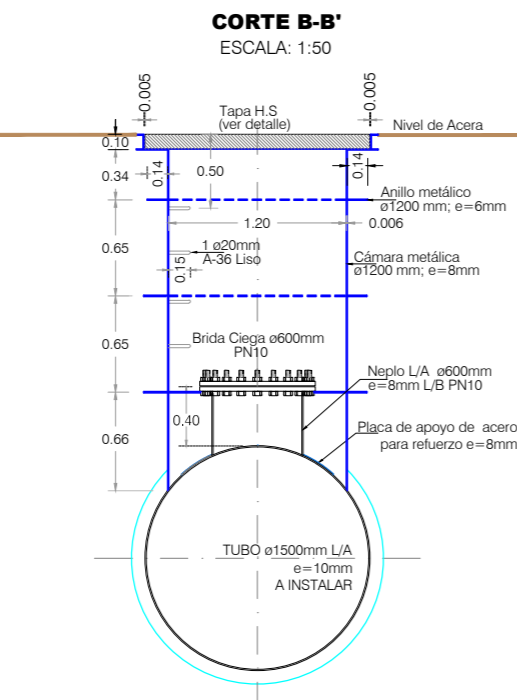
PROYECTO:
TUBO DE RECAMBIO DE ACERO Ø1500 mm CON MANHOLE PARA ACUEDUCTO DE HORMIGÓN CON REFUERZO PRETENSADO (HPT) EN ACERA - PARTERRE

DISEÑO	REVISADO	CONTENIDO:
XAVIER MOROCHO	ING. NELSON CLEMENTE	PLANTAS, CORTES Y DETALLES
ESCALA: FECHA ELABORACION: 15/05/2017	ORIGINADO POR: JFC	
REVISADO: JFC	REVISADO POR: JFC	
ARCHIVO NOMBRE: TUBO DE RECAMBIO DE ACERO Ø1500 mm CON MANHOLE PARA ACUEDUCTO DE HORMIGÓN CON REFUERZO PRETENSADO (HPT) EN ACERA - PARTERRE	PLANTAS:	AP-3664



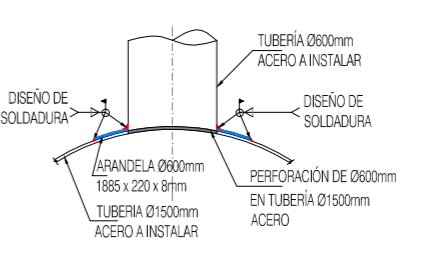
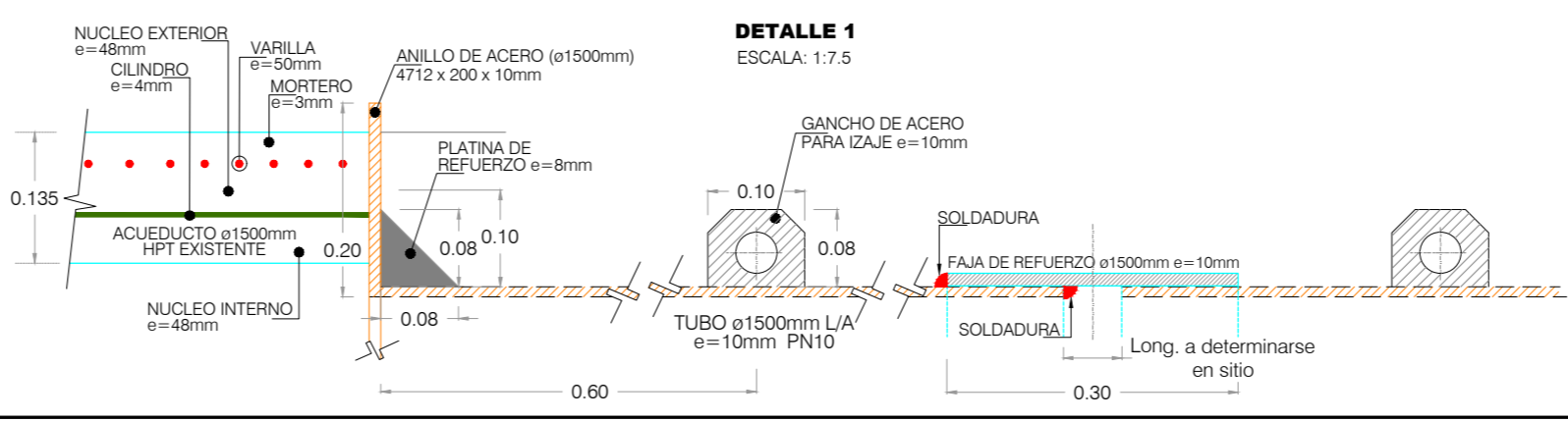
TUBERIA H.P. (L=6.20m)	TUBERIA DE REPARACION DE ACERO
Ø1500mm	<p>LONGITUD: 6.20 m</p> <p>BOCA DE INSPECCION: MANHOLE Ø600mm PN 10 BARES BRIDA CIEGA Ø600mm PN 10 BARES</p> <p>ESPECIFICACIONES: LAMINA DE ACERO AL CARBON ASTM A 283 GRADO D TENSION DE FLUENCIA 33000 psi ESPESOR DE LAMINA DE ACERO 10 MILÍMETROS</p> <p>PARA EL ACABADO: SANDBLASTING METAL BRILLANTE REVESTIMIENTO EXTERIOR: BELZONA 5811 DW APTA PARA CONSUMO HUMANO NSF-61 REVESTIMIENTO INTERIOR: BELZONA 5811 DW APTA PARA CONSUMO HUMANO NSF-61 ESPEORES MINIMOS DE LOS REVESTIMIENTOS DE 400 MICRAS (SECO) PINTURAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA</p> <p>LOS ELECTRODOS A UTILIZAR SE SERAN: 6010 PENETRACION 7018 PASE EN CALIENTE 7018 VISTA</p>

NOTA:
1.- Los diámetros de los electrodos serán de acuerdo al espesor de la lámina de acero (material base)
2.- Con la cotización se deberá presentar plano esquemático de la pieza terminada que incluya especificaciones técnicas de fajas de acero en espiga y campana



BRIDAS NORMA EN 1092 PN10					PERNOS DE LAS BRIDAS	
DIAMETRO (mm)	Ø EXTERNO A (mm)	Ø EJE DE PERNOS C (mm)	Ø DEL HUECO Øh (mm)	ESPESOR e (mm)	# DE HUECOS	LONG. DEL PERNO Lx (mm)
600	780	725	30	42	20	170/122

TUBERÍAS DE HP				TUBERÍAS DE REPARACIÓN DE ACERO			
DIAMETRO NOMINAL (mm)	CLASE (PRESIÓN) (MPa) (Bar)	DIAMETRO EXTERIOR ESPIGA (mm)	DIAMETRO EXTERIOR CAMPANA (mm)	DIAMETRO NOMINAL (mm)	PRESIÓN DE TRABAJO (MPa) (Bar)	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR TUBERIA (mm)
1500	10	1700	1748	1500	10	1518	10



NOTA: EL DISEÑO DE SOLDADURA DEBERA SER DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA CALIFICADO O WPS