

ESTUDIO DE FABRICACION DE UN PUENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO SOLDADAS UTILIZANDO EL CODIGO AWS D1.5

Harry Jean Pierre Campoverde Naranjo¹, Ing. Omar Serrano²

¹Ingeniero Mecánico en Diseño y Producción 2006

²Director de Tesis, Ingeniero Mecánico en Metalurgia, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1973, Postgrado EEUU, Metalurgia, Escuela de Minas-Colorado, 1980, Profesor de ESPOL desde 1973.

RESUMEN

In the present work it is established a study and pursuit of the building of a bridge of welding steel structures. The specifications and standards applied are: AWS D1.5 (Bridge Welding Code), ASTM A588 y A6 (American Society for Testing and Materials). Jointly for the building of the structures of the bridge it will be used the design plans or the workshop Gualo bridge, it will be located on the gulch of Gualo river in Quito city.

The main purpose of the building of the bridge of welding steel structures is to achieve an economic and safe structure, that completes with certain functional and aesthetic requirements.

The construction with welding structures it has great advantages, though this structures can be constructed of transportable units way, that then they will be mounted in the land. This type of welding structures has a great application due to its dependability, less weight in comparison with the concrete structures, an also due to the possibility of its industrial production.

En el presente trabajo se establece un estudio y seguimiento de la fabricación de un puente de estructuras de acero soldadas. Las especificaciones y normas aplicadas son: AWS D1.5 (Bridge Welding Code), ASTM 588 y A6 (American Society for Testing and Materials). Conjuntamente para la fabricación de las estructuras del puente se usará los planos de diseño o taller de la obra Puente Gualo que se ubicará sobre la quebrada del río Gualo en la ciudad de Quito.

El propósito fundamental de la fabricación del puente de estructuras de acero soldadas es lograr una estructura económica y segura, que cumpla con ciertos requisitos funcionales y estéticos.

La construcción con estructuras soldadas es de gran ventaja, ya que estas estructuras se las puede prefabricar de forma de unidades transportables, que luego se montan en el terreno. Este tipo se estructuras soldadas tienen una gran

aplicación debido a su confiabilidad, menor masa en comparación con las estructuras de hormigón, así como por la posibilidad de su producción industrial.

INTRODUCCION

El principal objetivo al fabricar estructuras soldadas para puentes es que tengan suficiente resistencia y rigidez, que sean económicas y que puedan montarse de manera práctica, ya que la función principal de un puente es la de soportar el tránsito vehicular u otros sobre un cruce, que puede ser un río, una línea de tránsito, etc.

Los puentes de carreteros se diseñan para cargas de camiones o vehículos distribuidos en forma que produzcan esfuerzos equivalentes a los causados por el tráfico previsto. Además una estructura no sólo debe soportar en forma segura las cargas a que este sujeta, sino que debe soportarlas de modo que las deformaciones y vibraciones no sean tan grandes y puedan afectar la integridad del puente.

En el primer capítulo de este trabajo se presentan los códigos que rigen el tipo de puente a fabricar, así como también las propiedades del acero estructural ASTM A588 Grado A el cual es muy resistente a la corrosión y no requerirá con el tiempo altos costos de mantenimiento, también se presentan los planos de taller que permitirán la fabricación de las estructuras de acero soldadas del puente.

En el segundo capítulo es donde propiamente se hace la planificación para el proceso de fabricación. Aquí se elabora el tipo de programa a seguir con el fin de organizar los tiempos de trabajo en la ejecución de la obra y poder llevar un control de la producción diaria, el mismo que dará un estimado para la finalización de los trabajos. También se mencionarán los equipos a utilizar para la fabricación del puente los mismos que garantizan eficiencia en la realización de estos trabajos.

En el tercer capítulo se discute el armado en si del puente, se analizará detenidamente las varias formas que se pueden utilizar para lograr la fabricación de estas estructuras, de manera que se cumplan con las especificaciones requeridas: cuadratura, soldadura, cortes, biseles, etc.

CONTENIDO

CAPITULO 1

1. CONSIDERACIONES PREVIAS A LA FABRICACION DE PUENTES DE ESTRUCTURAS SOLDADAS DE ACERO.

1.1 Análisis y Especificaciones Técnicas Aplicables.

Los criterios adoptados para la fabricación de las estructuras de acero del puente son establecidas en las siguientes especificaciones:

- “Especificaciones para Soldadura en Puentes de Carretera”.
 - Bridge Welding Code (AWS D1.5).
- “Especificaciones de los Materiales”.
 - American Society for Testing and Materiales (ASTM A588 y A6).
- “Manual de Carreteras”.
 - Ministerio de Obras Públicas (MOP).

1.2 Propiedades y Selección del Acero Estructural Seleccionado.

Esta especificado en la norma que un acero A588 Grado A = acero M270M (M270) Grado 345W (50W) tiene una buena **soldabilidad** si cumple en su composición química con los siguientes requerimientos que se muestran en la tabla 1:

TABLA 1
DATOS DE LA COMPOSICIÓN QUIMICA DEL ACERO ASTM A 588
GRADO A QUE DEBERIA TENER SEGÚN LA NORMA AWS D1.5 PARA
QUE TENGA UNA BUENA SOLDABILIDAD (Ref. 2)

Elemento	Composición min %
C	0.15
Mn	1.00
Si	0.25
Cr	0.50
V	0.03

En caso de que el acero a utilizar para la fabricación no cumpla con los requerimientos mencionados en su composición química, solo tendrá una buena soldabilidad y será utilizado si el carbono equivalente del material es mínimo del 0.45% según la fórmula que establece el código AWS D1.5 y que se muestra a continuación (Ref. 2):

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

En la fórmula que se muestra el porcentaje de carbono (C) será mínimo de 0.12%.

A continuación en las siguientes tablas se hace una comparación del porcentaje de elementos químicos que nos pide la norma AWS D1.5 con los porcentajes que ofrece el proveedor del acero A588 Grado A para diferentes espesores. En el caso de que el acero no cumpla con los

requerimientos de la norma AWS D1.5 solo será utilizado si el carbono equivalente del material es mínimo del 0.45%.

TABLA 2
DATOS DE LA COMPOSICIÓN QUIMICA DEL ACERO ASTM A 588
GRADO A QUE DEBERIA TENER SEGÚN LA NORMA AWS D1.5 Y
LAS QUE OFRECE EL PROVEEDOR

ESPESOR DE PLANCHA: 10 mm

	NORMA AASHTO/AWS	PROVEEDOR	OBSERVACION
Elemento	Composición min %	Composición %	
C	0,15	0,17	OK
Mn	1	0,98	no cumple
Si	0,25	0,36	OK
Cr	0,5	0,5	OK
V	0,03	0,038	OK
Ni		0,33	
Mo		0,02	
Cu		0,36	

CE (%) =0,55093333, por tanto cumple con los requerimientos de la norma.

TABLA 3
DATOS DE LA COMPOSICIÓN QUIMICA DEL ACERO ASTM A 588
GRADO A QUE DEBERIA TENER SEGÚN LA NORMA AWS D1.5 Y
LAS QUE OFRECE EL PROVEEDOR

ESPESOR DE PLANCHA: 20 mm

	NORMA AASHTO/AWS	PROVEEDOR	OBSERVACION
Elemento	Composición min %	Composición %	
C	0,15	0,17	OK
Mn	1	0,98	no cumple
Si	0,25	0,36	OK
Cr	0,5	0,5	OK
V	0,03	0,038	OK
Ni		0,33	
Mo		0,02	
Cu		0,36	

CE (%) = 0,55093333, por tanto cumple con los requerimientos de la norma.

TABLA 4
DATOS DE LA COMPOSICIÓN QUIMICA DEL ACERO ASTM A 588
GRADO A QUE DEBERIA TENER SEGÚN LA NORMA AWS D1.5 Y
LAS QUE OFRECE EL PROVEEDOR

ESPESOR DE PLANCHA: 25 mm

	NORMA AASHTO/AWS	PROVEEDOR	OBSERVACION
Elemento	Composición min %	Composición %	
C	0,15	0,17	OK
Mn	1	0,98	no cumple
Si	0,25	0,34	OK
Cr	0,5	0,64	OK
V	0,03	0,05	OK
Ni		0,26	
Mo		0,02	
Cu		0,25	

CE (%)= 0,566, por tanto cumple con los requerimientos de la norma.

TABLA 5
DATOS DE LA COMPOSICIÓN QUIMICA DEL ACERO ASTM A 588
GRADO A QUE DEBERIA TENER SEGÚN LA NORMA AWS D1.5 Y
LAS QUE OFRECE EL PROVEEDOR

ESPESOR DE PLANCHA: 30 mm

	NORMA AASHTO/AWS	PROVEEDOR	OBSERVACION
Elemento	Composición min %	Composición %	
C	0,15	0,16	OK
Mn	1	0,98	no cumple
Si	0,25	0,35	OK
Cr	0,5	0,58	OK
V	0,03	0,066	OK
Ni		0,35	
Mo		0,02	
Cu		0,32	

CE (%)= 0,55953333, cumple con los requerimientos de la norma.

Por lo tanto se determina que las planchas de acero ASTM A 588 Grado A tiene buenas características de soldabilidad según los parámetros establecidos en la norma AASHTO/AWS.

REQUERIMIENTOS MECANICOS

Se especifica que para planchas de hasta 100 mm de espesor debe cumplir con las siguientes características mecánicas que se muestran en la tabla 6 (Ref. 3):

TABLA 6
REQUERIMIENTOS MECANICOS (Ref. 3)

Esfuerzo de Tensión mínimo Ksi (MPa)	70 (485)
Esfuerzo de Fluencia mínimo Ksi (MPa)	50 (345)
Elongación en 8" (200mm)	18%
Elongación en 2" (50mm)	21%

CAPITULO 2

2. PLANIFICACION DEL PROCESO DE FABRICACION.

2.1 Elaboración del Proceso de Fabricación.

Se elabora un proceso para la fabricación de los tornapuntas, vigas, cachos y articulaciones, el cual es importante para la obtención de dichas estructuras, dicho proceso empezará desde la recepción de planchas hasta la inspección final y despacho. Todo este proceso de fabricación de las estructuras estará respaldado por los planos.

De acuerdo a los detalles que se muestran en los planos, se puede observar que ciertos tornapuntas irán con tapa en ambos extremos, en otros casos irá tapa solo en un extremo del tornapunta.

En el caso de vigas la diferencia entre ellas estará en la posición de los rigidizadores. Para el cacho o dovela 4 lateral que también forma parte del conjunto de vigas se tiene un diseño especial debido a que este va empataado con los tornapuntas.

Para la fabricación de las estructuras se elaborará un flujo de producción para tener más claro todo el procedimiento de fabricación.

El proceso de fabricación comienza desde el momento que se recibe la plancha certificada desde Ucrania y después se procede al corte de las mismas; las medidas a las cuales deberán ser cortadas dichas planchas

serán de acuerdo a los detalles expuestos en los planos. En la figura 2.1 y 2.2 se muestran las diferentes etapas de fabricación de las estructuras del puente a realizarse en taller.

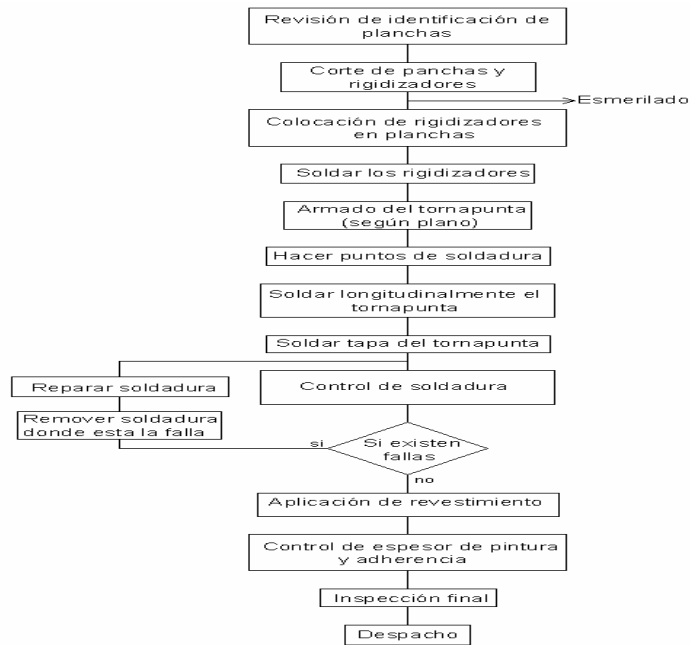


FIG. 2.1 ETAPAS DE FABRICACION DE LOS TORNAPUNTAS

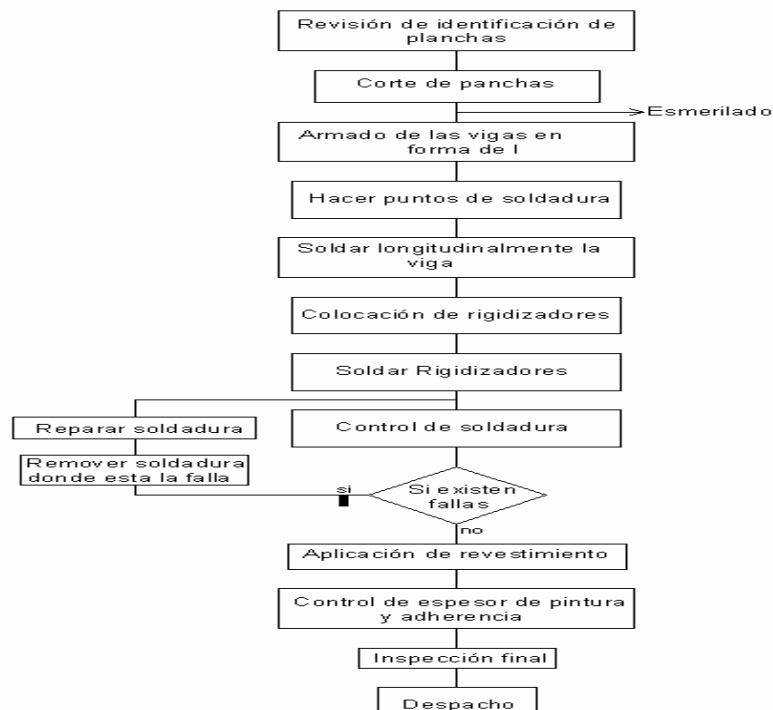


FIG. 2.2 ETAPAS DE FABRICACION DE LAS VIGAS

CAPITULO 3

3. PROCESO DE FABRICACION.

3.1 Fabricación de Tornapuntas y Articulaciones.

Para la fabricación de los tornapuntas necesitamos de las planchas que conformarán el alma y ala de dichos elementos estructurales. El trabajo en sí consiste en la fabricación de 52 tornapuntas. Este proceso de fabricación es repetitivo, porque un tornapunta de una medida y características determinadas del mismo tipo se fabricarán cuatro. Por ejemplo: El tornapunta T10-A1 es el mismo que el T10-A2, T10-A3 y T10-A4, lo mismo sucede con los demás casos.

Para los tornapuntas se fabricara un total de 16 articulaciones superiores y 16 articulaciones inferiores.

En la figura 3.1 se muestra un esquema con su respectiva marcación del número de tornapuntas que se deben fabricar.

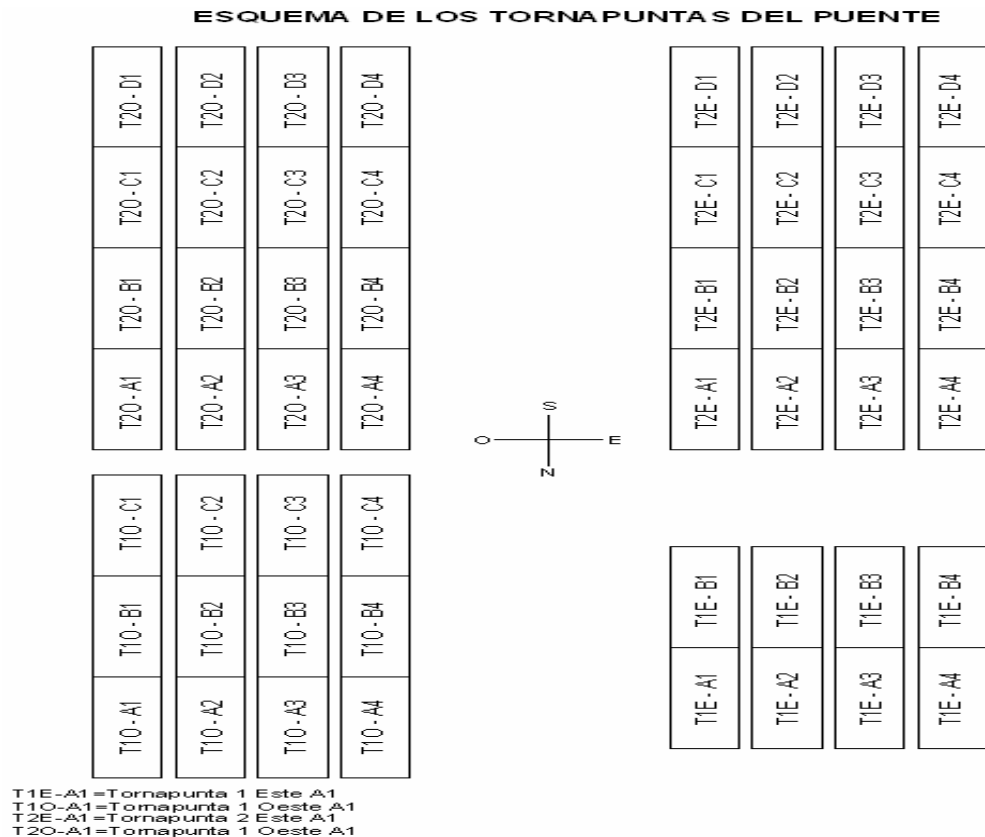


FIG. 3.1 ESQUEMA DE LOS TORNAPUNTAS A FABRICAR

3.2 Fabricación de Vigas Laterales, Centrales y Cacho.

En total se fabricarán 104 vigas de las cuales se las clasificará en vigas laterales, centrales y cacho, al cacho también se lo considera una viga lateral y se lo denominará como DOVELA 4 LATERAL. Se fabricará un total 64 vigas laterales, dentro de este mismo grupo se encuentran los 16 cachos a fabricar, cabe indicar que las vigas laterales que se montarán en la parte norte tendrán las mismas medidas y características de las que se encuentran en la parte sur. También se fabricarán un total de 40 vigas centrales. En la figura 3.2 se muestra el proceso de armado de las vigas.

Para las vigas se fabricará un total de 8 articulaciones móviles y 8 articulaciones fijas.



FIG. 3.2 PROCESO DE ARMADO DE LAS VIGAS (Cortesía Intermetal)

En la figura 3.3 se muestra un esquema con su respectiva marcación del número de vigas que se deben fabricar.

TABLA 7
SISTEMA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVO UTILIZADO PARA
SUPERFICIES METALICAS QUE SE ENCUENTRAN EXPUESTAS EN
UN AMBIENTE HUMEDO

Ambiente	Condición de superficie	Sistemas de recubrimientos	Preparación de superficie	
			Método	Grado de limpieza
Húmedo	Grado A	1	1	SP5/NACE 1/ISO Sa 3

NOTA:

Ambiente: Las estructuras metálicas se encontrarán expuestas a ambiente húmedo.

Condición de superficie: Según la tabla 8, el acero A588 recae dentro del grupo Grado A, debido al grado de corrosión que presenta.

Sistema de recubrimiento: El tipo de recubrimiento a aplicar es el N°-1, que se encuentra expuesto en la tabla 9.

Método: Es el N°-1, se encuentra expuesto en la tabla 10.

Grado de limpieza: Ver tabla 11.

TABLA 8
DIFERENTES GRADOS DE CORROSION DE SUPERFICIES DE
ACERO SIN PINTAR (Ref. 4)

Condición	Según ISO 8501-1-3	Según SSPC-VIS 1 ó Equivalente
Grado A	Superficie de acero recubierta en gran medida por cascarilla de laminación adherida, pero con poco o nada de óxido.	Superficie de acero recubierta completamente con escama de laminación, con corrosión no visible.
Grado B	Superficie de acero con óxido incipiente, en la que ha empezado a exfoliarse la cascarilla de laminación.	Superficie de acero cubierta con escamas de laminación con óxidos.
Grado C	Superficie de acero cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido, o que puede eliminarse raspando, pero con algunas picaduras visibles a simple vista.	Superficie de acero cubierta con óxido y picaduras no visibles a simple vista.
Grado D	Superficie de acero cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido y en la que se ven a simple vista numerosas picaduras.	Superficie de acero cubierta con óxido y picaduras visibles.

TABLA 9
PROTECCION ANTICORROSIVA A UTILIZAR EN SUPERFICIES METALICAS (Ref. 4)

Sistema N.-	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de Anclaje (micras)	Capas (micras)	Método de aplicación
1	Primario epóxico-poliamida de dos componentes RP-6 Modificado	70	37.5 - 62.5	1	Aspersión convencional o sin aire
	+ Acabado epóxico catalizado-poliamida de dos componentes altos sólidos RA-26 Modificado	70	No aplica	1	
	+ Acabado poliuretano acrílico-alifático de dos componentes RA-28 Modificado	65	No aplica	1	

TABLA 10
APLICACION DE LOS METODOS DE PREPARACION DE SUPERFICIES (Ref. 4)

No.	Método	Aplicación en
1	Chorro de arena o abrasivo a presión, seco. ISO 8504	Superficies de acero nuevas con corrosión grados A y B, donde se requiere formar perfil de anclaje; no está restringido para grados de corrosión C y D, donde ya existe perfil de anclaje provocado por la corrosión, previo estudio de la condición de superficie.
2	Chorro de arena o abrasivo a presión, húmedo. 2/NACE 6 G198SSPC-TR o equivalente	Superficies de acero nuevas con corrosión grados A y B, donde se requiere formar perfil de anclaje; no está restringido para grados de corrosión C y D y superficies previamente pintadas, donde ya existe perfil de anclaje.
3	Chorro de agua a alta y ultra alta presión. NACE No. 5 SSPC/SP 12 ó equivalente	Superficies de acero previamente pintadas, cuando se requiere eliminar toda la pintura, o en superficies de acero con grados de corrosión C y D, donde en ambos casos ya existe perfil de anclaje. En superficies de acero previamente pintadas, cuando solo se requiere preparar la superficie para prepintado.

TABLA 11
GRADOS DE LIMPIEZA DE SUPERFICIES QUE SE LOGRAN CON CHORRO ABRASIVO SECO (Ref. 4)

SSPC	ISO	NACE	DESCRIPCIÓN
SP-5: Limpieza a metal blanco	Sa 3	1	Remover toda corrosión y contaminación visible, escama de laminación, pintura y cualquier material extraño hasta 100%
SP-10: Limpieza a metal cercano a blanco	Sa 2 1/2	2	Remover contaminantes hasta que un 95% de cada 9 pulg. cuadradas esté libre de corrosión visible, escama de laminación, pintura y material extraño.
SP-6: Limpieza a metal comercial	Sa 2	3	Remover toda corrosión hasta que aproximadamente dos tercios de 9 pulgadas cuadradas este libre de todo residuo visible.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES.

Una vez realizado el estudio de la fabricación de las estructuras del puente y analizando las etapas de cada proceso podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Una gran ventaja que presentan las estructuras soldadas es de requerir menor tiempo en la fabricación y montaje, lo cual las hace más económicas.
- Las uniones soldadas proporcionan suficiente rigidez para soportar las cargas presentes con secciones más delgadas produciendo un ahorro de material estructural.
- El uso del acero A588 Grado A en la fabricación de la estructura del puente representará un ahorro en costos de mantenimiento, debido a su alta resistencia a la corrosión atmosférica, además a estas estructuras se les aplicará un recubrimiento que incrementará aún más su resistencia a la corrosión.
- Este tipo de estructuras para puentes son de buena presentación y muy resistentes, lo que dará seguridad y confianza a los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

a) Tesis

1. Harry Campoverde Naranjo, "Estudio de Fabricación de un Puente de Estructuras de Acero Soldadas utilizando el Código AWS D1.5" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006).

b) Norma

2. American Welding Society, Bridge Welding Code AWS D1.5, 2002.

c) Norma

3. American Society for Testing and Materials, ASTM A588.

d) Reporte Técnico

4. PEMEX, RAMIREZ JOSE, Sistema de Protección Anticorrosivo a base de Recubrimientos para Instalaciones Superficiales, 2005.