Especificaciones de Procedimientos e Inspección de Soldadura en la Fabricación de Virolas para Pilotes de un Puente aplicando el Código AASTHO/AWS D1.5

Carlos Alejandro Peralta Garcia
Omar Serrano Valarezo
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
cperalt@espol.edu.ec

Resumen

Se requiere fabricar en el menor tiempo y con la mayor calidad las soldaduras de las virolas que conforman los pilotes del puente más largo del Ecuador, que se extiende sobre el estuario del río Chone entre las ciudades vecinas de Bahía de Caráquez y San Vicente en la provincia de Manabí para agilizar el tránsito vehicular fluido en la vía marginal del Pacífico entre el norte y sur de la Costa ecuatoriana. Para cumplir el objetivo se establece el procedimiento para realizar las soldaduras y la inspección en las virolas cumpliendo los parámetros estipulados en el código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5, por medio de las especificaciones de los procedimientos de soldadura, calificación de operadores de soldadura, soldadores y soldadores punteadores; además estableciendo las especificación de los procedimientos de inspección de las soldaduras. Al establecer los procedimientos de calificación e inspección de las soldaduras para la fabricación de las virolas cumpliendo con el código establecido se aumenta la confiabilidad de la integridad estructural del puente.

Palabras Claves: *Especificación de los procedimientos de inspección de las soldaduras, los procedimientos para calificación de operadores de soldadura, soldadores y soldadores punteadores*

Abstract

Manufacture is required in the shortest time and with higher quality welds cylinder that make up the piles of Ecuador's longest bridge, which spans the Rio Chone estuary between the neighboring towns of Bahia de Caraquez and San Vicente in the Manabí province to speed vehicular traffic flow in the Pacific marginal way between north and south of the Ecuadorian coast. To meet the objective set out how to conduct inspections of welds and the welding of the ferrules meet the parameters set in the code AASTHO/AWS/D1.5M/D1.5 through welding procedure specification, qualification of welding operators, welders and tack welders, also setting the specification of procedures for inspection of welds. To translate and implement the documents of the qualification procedures and inspection of welds for the fabrication of the ferrules in compliance with the code set is increased reliability of the structural integrity of the bridge.

1. Introducción

Se construyó el puente más largo del Ecuador entre las ciudades de Bahía de Caráquez y San Vicente. El puente posibilita el tránsito vehicular más fluido en la vía marginal del Pacifico entre el norte y sur de la costa ecuatoriana; es un eslabón que permite el desarrollo comercial de la región.

El puente impulsa la economía y promueve el desarrollo de la región convirtiendo la Ruta del Sol, en una extensa vía que aviva las actividades turísticas, ganaderas, acuícolas, comerciales y de servicios en la zona norte de Manabí, obteniendo ventajas económicas al mejorar la circulación del tránsito vehicular con el ahorro de tiempo en la transportación entre Bahía de Caráquez y San Vicente.

En la fabricación del puente se requirió optimizar el tiempo y asegurar la calidad en todo el proceso de construcción. Las bases del puente son formadas por pilotes que están construidos por virolas de acero A588 Gr. A.

Para asegurar la calidad y tener la menor cantidad de fallas las soldaduras se las realizó en base a lo estipulado en el código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5, que define pruebas de calificación de los procedimientos de soldadura y calificación de soldadores, operadores de soldadura y soldadores punteadores, las que están diseñadas para ofrecer garantía de que las soldaduras tienen la resistencia, ductilidad y dureza conforme con lo dispuesto en el código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5. En el desarrollo de la tesis se detalla el proceso de calificación de los soldadores, operadores de soldadura, soldadores punteadores, especificaciones de procedimiento de soldaduras y proceso de inspección de las soldaduras.

2. Consideraciones generales

Para la construcción del puente más largo del Ecuador optimizando recursos es fundamental tener claro el proceso constructivo a seguir y aplicar estándares que brindan garantía de realizar un trabajo con calidad acorde a la construcción del puente que une los cantones de Bahía de Caráquez y San Vicente, dando paso al desarrollo productivo del sector. El puente impulsa la economía y promueve el desarrollo de la región convirtiendo la Ruta del Sol, en una extensa vía que aviva las actividades turísticas, ganaderas, acuícolas, comerciales y de servicios en la zona norte de Manabí, obteniendo ventajas económicas al mejorar la circulación del tránsito vehicular con el ahorro de tiempo en la transportación entre Bahía de Caráquez y San Vicente.

El puente Bahía San Vicente, está ubicado en la desembocadura de río Chone, en la parte norte de la provincia de Manabí; tiene las siguientes características dimensionales:

- Rampa de acceso a Bahía de Caráquez: 120 metros
- Rampa de acceso a San Vicente: 150 metros
- Tramo Central: 1710 metros
- Ancho del puente: 13,20 metros que incluye dos carriles, una ciclo vía y un carril peatonal.

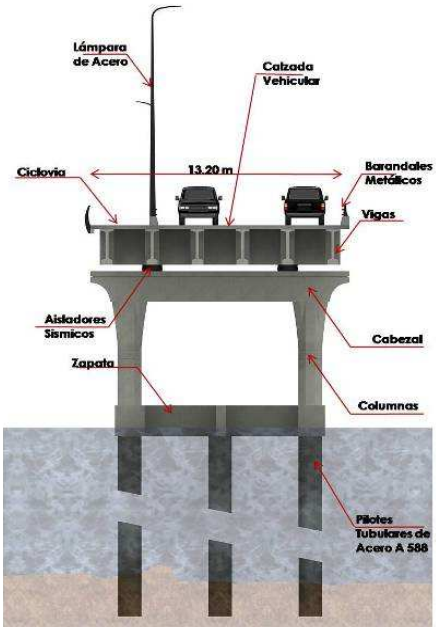


Figura 1. Perfil de la estructura del puente

Las soldaduras de los pilotes del puente que conforman la base del puente fueron realizadas aplicando los estándares AASTHO/AWS D1.5M/D1.5 que está acreditada por el ANSI; los materiales utilizados están enmarcados en la clasificación de ASTM y el ASME.

El acero utilizado para los pilotes del puente es A 588 Gr. A, es de baja aleación, alta resistencia y alta resistencia a atmósferas corrosiva. Cuando es expuesto a la atmósfera este acero es adecuado sin recubrimiento para algunas aplicaciones.

3. Proceso de fabricación de juntas soldadas para virolas de un puente

El proceso para la fabricación empieza con la recepción del las planchas y con la inspección de la tolerancia dimensional, revisión de certificados de calidad e inspección visual de las planchas. El proceso de fabricación continua con el corte de las planchas, limpieza de las rebabas producidas, bisel de los bordes de las planchas he inspección de la tolerancia del bisel.

Se realiza el curvado de las planchas con una roladora controlando que la virola tenga las dimensiones y las tolerancias establecidas en los planos; para mantener los bordes de la junta longitudinal en posición alineada se realizan puntos de soldadura con proceso SMAW con un soldador punteador calificado. Se coloca extensiones temporales en los extremos de las juntas longitudinales de las virolas para asegurar la calidad de la soldadura en los extremos de los juntas.

Se suelda la junta longitudinal de las virolas por la parte interna, luego se limpia la soldadura por la parte externa y se suelda por la parte externa, los cordones de soldadura son realizados con proceso SAW, para lo cual se calificó un procedimiento de soldadura y operadores de soldadura conforme a AASTHO/AWS D1.5M/D1.5. Las extensiones temporales se retiran luego del enfriamiento de la soldadura, se ratifica el bisel para la junta circunferencial y se rolan para corregir distorsiones que se puedan generar durante la soldadura longitudinal.

Se alinea y puntea con proceso FCAW seis virolas para preparar las juntas circunferenciales de soldadura en un banco de acoplamiento, el mismo que esta alineado y tiene gatos hidráulicos para alinear las virolas que luego se sueldan en un banco de soldadura SAW. Para los puntos con proceso FCAW se calificó a soldadores punteadores conforme al AASTHO/AWS D1.5M/D1.5.

Se sueldan las juntas circunferenciales de las virolas cumpliendo las especificaciones de un procedimiento de soldadura y con operadores de soldadura calificados por el código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5. Para evitar la distorsión en la soldadura circunferencial cuando rota la virola, la solidificación de la soldadura se realiza en la parte superior de la junta para lo cual el alambre tiene que estar desfasado con respecto al eje vertical de la circunferencia de la virola y en posición perpendicular a la superficie de la circunferencia de la junta.

Luego de concluir las soldaduras de las virolas se inspeccionan las juntas de soldadura por inspección visual y por ensayo de ultrasonido donde se determina la sanidad de las soldaduras.

Cuando se detecta soldaduras con discontinuidad inaceptables se realiza bisel tipo U con la profundidad que tiene la discontinuidad; el bisel se prepara con el esmeril en la soldadura que se detecto la discontinuidad. Dependiendo de la longitud de la falla se repara con proceso FCAW cuando son reparaciones menores y cuando hay que reparar falla de mayor de 500 mm las reparaciones se realizan con proceso SAW.

Una vez reparada la soldadura se reinspecciona con ensayo de ultrasonido e inspección visual.

4. Aplicación del código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5 soldadura de puentes

El AASHTO/AWS D1.5M/D1.5 Código Estructural de Soldadura para puentes fué realizado por la común necesidad de especificaciones para la fabricación de puentes soldados de acero en carreteras entre el AWS y AASHTO para la fabricación de puentes más económicos, mejor estructurados y con mayor seguridad pública.

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

Es fundamental para manejar el código la comprensión de la terminología empleada, de los que se destacan los siguientes términos:

- Propietario; individuo, organismo o compañía que ejerce propiedad legal sobre el producto o estructura de acero producida bajo el código.
- Ingeniero o Fiscalizador; persona con experiencia en construcción de puentes designado por el Propietario, quien actúa en su representación en todos los asuntos dentro del alcance del código.
- Contratista; persona o el grupo responsable de realizar el trabajo requerido por los documentos contractuales y que recibe por ello la compensación acordada por el Propietario.
- Inspector de Soldadura; personal calificado que actúa como Inspector de Soldadura del Ingeniero o Inspector de soldadura del Contratista.

Todas los soldaduras que se realicen para la construcción del las virolas deben de cumplir las especificaciones de los procedimientos de soldadura (WPS) el cual es basado en los resultados de las pruebas aprobadas y escritos en el registro de procedimiento de calificación (PQR) que son aprobadas por el Ingeniero. Los rangos de las variables esenciales de soldadura son establecidos por el Constructor y descritos en cada WPS, un cambio de las variables esenciales fuera del rango establecido, requiere un nuevo WPS.

Los soldadores, operadores de soldadura y los soldadores punteadores deben aprobar el procedimiento de calificación de soldadores y operadores de soldadura (WPQ) que se basa en la inspección de una probeta por inspección visual y ensayo de radiografía o ensayo de doblado de una probeta para calificar a soldadores o operadores de soldadura y para calificar a soldadores punteadores con una prueba de rotura de filete e inspección visual.

Los planos de construcción deben contar con suficiente información para que las soldaduras se realicen según lo diseñado y que el Contratista realice las soldaduras en el tipo de junta, el tipo de soldadura, con las dimensiones, extensión, ubicación de la soldadura y posición que se aplica el material de aporte.

La soldadura que se aplica en las juntas circunferenciales y longitudinales de las virolas es tipo de junta de ranura o bisel de tipo doble V como se muestra en la figura 2.

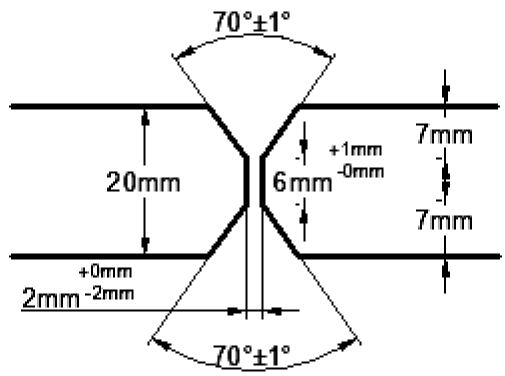


Figura 2. Dimensiones y tolerancias de la junta

Los procesos de soldaduras que fueron escogidos por su versatilidad y eficiencia para la fabricación de las virolas en taller son de tres tipos:

- Soldadura de puntos en junta de ranura con proceso SMAW en posición horizontal (2G), en acero A588 Gr. A de espesor 20mm, para mantener la alineación de la junta longitudinal de la plancha cuando ha sido rolada.
- Soldadura de puntos en junta de ranura con proceso FCAW en posiciones plana (1G), horizontal (2G) y vertical (3G), en acero A588 Gr. A de espesor 20mm, para mantener la alineación de las juntas circunferenciales de las virolas.
- Soldadura de ranura con proceso SAW, en posición plana (1G), en acero A588 Gr. A de espesor 20mm, para soldaduras en las juntas circunferenciales y longitudinales de las virolas.

- Soldadura de penetración parcial con proceso FCAW en posiciones plana (1G), horizontal (2G) y vertical (3G), en acero A588 Gr. A de espesor 20mm, para reparación de soldaduras.

Las personas que realizan las soldaduras de las virolas requieren la calificación de procedimiento de calificación de soladores, operadores de soldadura o soldadores punteadores (WPQ) según sea el caso aplicable a la manera de depositar el material de aporte para cumplir con lo estipulado en el código de soldadura.

La aprobación del Procedimiento de las Especificaciones de Soldadura (WPS) se basa en los resultados de los ensayos mecánicos que demuestran que el proceso a utilizar produce una soldadura sana con la resistencia, dureza y ductilidad requerida; que se registran en Procedimiento de Registro de Calificaciones (PQR).

Las propiedades mecánicas de las soldaduras de ranura se determinan según una prueba estándar en una placa con junta de ranura. La sanidad de la soldadura se determina con ensayo de radiografía y pruebas de:

- Ensayo de tracción de metal de soldadura depositada
- Ensayo de tensión y reducción de área
- Ensayo de doblado guiado
- Ensayo de tenacidad

Para calificar el procedimiento de soldadura se requiere determinar la mínima temperatura de precalentamiento y mínima temperatura entre pases de soldadura; ésta se calcula con el método del control de hidrógeno.

Las virolas son construidas con acero A588 Gr. A y va a estar sometido a la intemperie por lo que las especificaciones para el material de aporte según el proceso de soldadura se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de metal de aporte para aplicaciones sin protección de aceros de ASTM A 709M [A 709] Gr 350W

PROCESO DE SOLDADURA	ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL DE APORTE AWS
SAW	A5.23 Todos los electrodos y combinación del deposito de soldadura que cumpla con Ni1,Ni2, Ni3, Ni4 o W.
SMAW	A5.5 Todos los electrodos que cumplan con C1, C1L, C2, C2L, C3 o W.
FCAW	A5.29 Todos los electrodos que depositen metal de aporte con Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o W

Las soldaduras de puntos que son refundidos posteriormente por proceso SAW no requieren de WPS, ni precalentamiento como es el caso de los puntos de soldadura para la alineación de las juntas longitudinales de las virolas que se las realiza con proceso SMAW, en posición horizontal y material de aporte que cumple con las especificaciones del ASTM SFA-5.5/SFA-5.5M

Para la soldadura longitudinal y circunferencial se aplica el procedimiento de soldadura W 51 (figura 3) que es de junta de ranura en posición plana y el tipo de proceso de soldadura es SAW por la alta tasa de depósito del material de aporte. Se seleccionó el material de aporte ENi1K que pertenece a los materiales de aporte con principal aleante níquel, que aporta con resistencia sin aumentar la dureza, con un porcentaje de cobre que aumenta la resistencia a la corrosión en uso de intemperie. En el formato de registro de calificación de procedimientos PQR se escribe los resultados de las pruebas realizadas; para que los apruebe el Ingeniero al presentarle los reportes de los ensayos.

La soldadura de puntos con proceso FCAW en las juntas circunferencial que se realizan para alinear las virolas y que luego son refundidos con soldadura de proceso SAW no requieren calificación del un WPS ni precalentamiento. El metal de aporte seleccionado cumple con la especificación ASTM SFA-5.29/SFA-5.29M

Las reparaciones de las soldaduras circunferenciales y longitudinales menores de 50cm se las realiza con proceso FCAW y metal de aporte E81T1-Ni2-H8.

El bisel para las reparaciones es tipo U de penetración parcial para la soldadura con proceso FCAW y proceso SAW, el ángulo del bisel es de 20° con tolerancia de +10°, -0°; el radio del bisel es 6mm con tolerancia +6, -0mm, el bisel es preparado con esmeril con la profundidad que tenga la discontinuidad que se requiera reparar.

4.1 Proceso para la calificación de soldador, operador de soldadura y punteador de soldadura (WPQ)

Los soldadores, los operadores de soldadura y los soldadores punteadores de los diferentes procesos de soldadura tienen que ser calificados por medio de una prueba.

La calificación por medio de las pruebas ha sido especialmente ideada para determinar que el soldador, operador de soldadura, o soldador punteador tiene la habilidad para producir soldaduras sanas.

La calificación para los soldadores punteadores se realiza con una soldadura de filete en cada posición en la que los puntos de soldadura se realizan en producción. Para la calificación el soldador punteador suelda un punto de máximo de 6 mm de tamaño de soldadura y 50 mm de largo en una soldadura de filete en una placa de 12mm de espesor.

La calificación de operadores se la realiza en una placa de 20mm de espesor y 400mm de longitud con el mismo tipo de junta a tope con bisel doble V que el WPS N° 51 y para la aprobación de WPQ se realizó ensayo de radiografía y dos ensayos de doblado lateral.

La calificación de los soldadores para las reparaciones de las soldaduras con proceso FCAW se realizó en una placa de 10mm de espesor, en una junta a tope con bisel en V y 45° de ángulo de la junta, 6mm de separación en la raíz y con placa de respaldo. Con ensayo de radiografia calificó a los soldadores que realizan las reparaciones de las juntas de soldaduras.

Cuando el operador de soldadura o un soldador no cumple con los requisitos de las soldaduras de una o más pruebas, una nueva prueba puede realizarse con las siguientes condiciones:

- Una reprueba inmediata que consiste en pruebas de soldadura de cada tipo y posición en la que el soldador o el operador de soldadura falló. Todas las probetas de la reprueba deberán cumplir todos los requisitos especificados.
- Una prueba después de más entrenamiento o práctica, se la da cuando existan pruebas de que el operador de soldadura o soldador ha tenido la formación permanente o la práctica. Una repetición completa de los tipos y las posiciones en que el fallo se realizará.
- Si la probeta del soldador punteador falla la prueba de la rotura de filete de soldadura, el soldador punteador puede hacer un nuevo ensayo sin formación adicional.

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Material specification - Esp. Material:..ASTM A 588 GR A.....................................

Welding process - Proceso de soldadura:....................................SAW..

Position or welding - Posición de soldadura:...............................1G..

Filler metal specification - Especificación de material de aporte:....AWS A5.23...

Filler metal clasification - Clasificación de metal de aporte:...........ENi1K (LINCOLNWELD LA-75)........................

Flux - Fundente:...F7A2 (LINCOLNWELD 860)......................

Shielding gas - Gas de protección:........................N/A **Flow rate** - Caudal:.....................N/A...................

Single or multiple pass - Pasadas simples o múltiples:................Pases multiples..

Single or multiple arc - Simple o múltiples arcos:........................Un arco...

Welding corrent - Corriente de soldadura:...................................Directa..

Polarity - Polaridad:...Electrodo positivo.....................................

Welding progression - Secuencia de soldadura:..........................N/A..

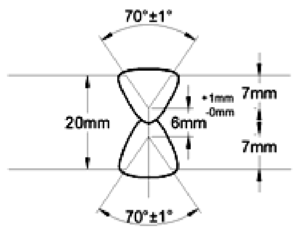
Root treatment - Tratamiento de raíz:..N/A...

Preheat and interpass temperature - Temperatura de precalentamiento y entre pasadas:...................80°C................

Postheat temperature - Temperarura de postcalentamiento:.........N/A...

Heat Input - Entrada de calor:..................Min: 3,1 kJ/mm.......... Max:...4,9kJ/mm..

WELDING PROCEDURE - PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pass No. Numero de pases	**Electrode Size** Medida de electrodo	**Welding Current** Corriente de soldadura		**Travel Speed** Velocidad de avance	**Joint Detail** Detalle de Junta
		Amps Amperios	**Volts** Voltaje		
1	4mm	650-700	30-32	33cm/min	
2	4 mm	750-800	30-34	33cm/min	

Procedure no. - Procedimiento no.: WPS N°51 **Contractor -** Contratista:

Revision no. - Revisión no.: **Autorized By -** Autorizado por:

Date - Fecha:

Figura 3. Especificación de Procedimiento de Soldadura

5. Inspección de soldaduras en producción

Las inspecciones durante el proceso de la fabricación de las virolas se realizan para asegurar un producto de calidad. El código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5 considera dos inspectores, el Inspector de Control de Calidad (CC) y el Inspector de Aseguramiento de Calidad (AC); y un Testigo que es una función independiente de los Inspectores.

El Control de Calidad está a cargo del Contratista y éste realiza inspecciones antes, durante y después de las soldaduras. Se asegura que los materiales y mano de obra se ajustan a los requisitos de las condiciones contractuales.

El Aseguramiento de Calidad es facultad del Ingeniero que realiza inspecciones y pruebas necesarias para comprobar que se fabrican virolas de manera aceptable según lo especificado en las condiciones contractuales.

La persona calificada para realizar los END, es un persona que es calificada como Nivel II certificado por ASNT o una persona que es calificada por ASNT como Nivel I y que trabaje bajo la supervisión de una persona que este calificada como Nivel II certificada por el ASNT

5.1 Radiografía industrial

Las radiografías son realizadas utilizando una fuente de rayos X de Iridio 192 lo más cerca y centrado como sea práctico con respecto a la longitud y el ancho de la parte de la soldadura que se examina. La sensibilidad del ensayo de radiografía es definida en base al indicador de calidad de imagen (ICI) tipo alambre.

Las películas utilizadas para las radiografías son de Tipo 1 según la clasificación ASTM E 94, que indica que la película es de grano fino con alto contraste y velocidad elevada; diseñada para exposiciones directas con pantallas de plomo. Las películas utilizadas son AGFA D7.

Debe mostrarse claramente la junta de soldadura en toda la película radiografiada; la misma que tiene una longitud adecuada para la junta a radiar, la radiografía es inaceptable si tiene baja resolución por exceso de radiación difusa, o cualquier otro proceso que obscurezca las partes o la longitud total de la soldadura.

Todas las películas de radiografías deben tener una o dos marcas de identificación que son números o letras de plomo. La información requerida para mostrar en la radiografía es la identificación de la compañía Propietaria de la obra, inicial de la compañía que realiza la inspección de radiografía, inicial del Contratista, número de orden, número de radiografía, fecha, y número de reparación si es necesario. Todas las radiografías realizadas por el Contratista para aceptación del Ingeniero deben ser presentadas al Inspector AC incluyendo las que muestran inaceptable calidad de soldadura antes de la reparación, con sus informes de interpretación.

5.2 Ultrasonido

Entre las ventajas del END de ultrasonido se tiene la velocidad de la prueba e interpretación de los resultados inmediata, exactitud en determinar la posición de las discontinuidades internas estimando sus tamaños, orientación, forma y profundidad.

El transductor transmite un haz de ondas de sonido en el material que está siendo probado en un ángulo de 70° con un rango de ±2°.

El estándar con el que se calibró la distancia y la sensibilidad del equipo de ultrasonido es el bloque de referencia del Instituto Internacional de Soldadura (IIW).

El ajuste o calibración en distancia del recorrido del haz ultrasónico se muestra en la escala horizontal de la pantalla y sirve para conocer la distancia recorrida por el sonido hasta el punto donde se encuentra una discontinuidad. Para ajustar la escala horizontal de la pantalla a un valor preestablecido se emplea el bloque de calibración IIW que tiene un espesor o un recorrido del sonido conocido.

La calibración de la sensibilidad o amplitud de la señal que se realiza en la escala vertical de la pantalla, determina el nivel de ganancia en dB que se debe suministrar al sistema para ajustar a un valor conocido en la escala vertical de la pantalla.

Las soldaduras que se encontraron inaceptables por ensayo de ultrasonido deben ser reparadas y volver a someterse al ensayo de ultrasonido.

5.3 Criterios de aceptación

Todas las soldaduras tienen que ser inspeccionadas visualmente y aceptadas según los siguientes criterios:

- Sin fisuras
- Fusión completa entre las capas adyacentes de la soldadura
- Fusión completa entre la soldadura y el metal base
- Todos los cráteres deben ser rellenados a través de toda la sección de la soldadura
- Socavadura menor a 0.25mm de profundidad
- Porosidad superficial máxima 2.4mm
- Frecuencia máxima de porosidad superficial, es un poro cada 100mm.
- La inspección visual puede empezar inmediatamente después de que se ha enfriado a temperatura ambiente la soldadura.
- Las soldaduras sujetas a ensayo de radiografía adicional a las inspecciones visuales no deben de presentar grietas ni discontinuidades descritas a continuación:

  1) Máxima dimensión de porosidad o discontinuidad por tipo de fusión, es 3mm

  2) Discontinuidad máxima es 13mm, cada 65mm mínimo, medido desde los bordes de la discontinuidad

3) La suma máxima de las discontinuidades menores que 1.6mm, son inaceptables si la suma de sus dimensiones excede 10mm en 25mm de longitud de soldadura

- Las soldaduras sometidas a ensayo de ultrasonido adicional a cumplir con la inspección visual tienen que cumplir con lo detallado con el índice de clasificación, que es un parámetro para indicar lo critico de la discontinuidad

6. Conclusiones

1. El puente entre las ciudades de Bahía de Caráquez y San Vicente posibilitará el tránsito vehicular más fluido en la vía marginal del Pacifico entre el norte y sur de la Costa ecuatoriana; generando desarrollo comercial regional desde Colombia hasta Perú y constituirá parte importante del eje multimodal Manta-Manaos que busca una integración de los países.
2. El código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5 aplicado para la fabricación de las virolas para los pilotes del puente define las pruebas de calificación de los procedimientos de soldadura; calificación de soldadores, operadores de soldadura y soldadores punteadores que aseguran que las soldaduras producidas tienen la calidad establecida por el código referente a la integridad estructural y propiedades mecánicas.
3. Se inspeccionó por ultrasonido el 100% de las soldaduras de las virolas a pesar que el código AASTHO/AWS D1.5M/D1.5 requiere el 25% de inspección de las juntas de soldadura, por lo que se concluye que las soldaduras de las virolas tienen mayor nivel de confiabilidad.

7. Recomendaciones

1. Verificar que se cumpla la temperatura de precalentamiento de 80°C previo a realizar las soldaduras de las juntas circunferenciales y longitudinales de las virolas y 135°C para las reparaciones con proceso SAW para que la velocidad de enfriamiento del metal soldado sea menor y de esta manera evitar la formación de martensita.
2. Verificar que el certificado de calidad de material del acero A588 Gr A coincide con el número de la colada marcado en la plancha para corroborar que el acero a utilizar cumple con las propiedades mecánicas y químicas.
3. Se recomienda contrastar las máquinas de soldar cada 6 meses, para garantizar que las soldaduras se realizan aplicando los parámetros eléctricos de las especificaciones de los procedimientos de soldadura (WPS) que se seleccionan en las maquinas de soldar.
4. Verificar que la calificación de los soldadores y operadores de soldadura cumplen con las especificaciones de procedimientos de soldadura WPS 40 y WPS 51 de las juntas de soldaduras que se realiza para no tener desviaciones del código.

8. Referencias

[1]	AASHTO/AWS D1.5M/D1.5, Bridge Welding Code, Miami – United States, 2002
[2]	AMÉRICA IBARRA PARRA, Revista Emprendedores, Editorial Raíces, Quito – Ecuador, Marzo/Abril 2010, Pag 21-25
[3]	AMERICAN WELDING SOCIETY, Símbolos Normalizados para Soldeo, Soldeo Fuerte y Examen No Destructivo, United States, 1993
[4]	ASTM INTERNATIONAL, A588 – A588M Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point to 4–in. [100–mm] Thick, Pennsylvania – United States, Abril 2004
[5]	ASTM INTERNATIONAL, A6 – A6M, Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling, Pensilvania – United States, Abril 2004
[6]	ASME INTERNATIONAL, ASME Section II, Part C SFA-5.5/SFA-5.5M Specification for low-allow steel electrodes for shielded metal arc welding, New York, 2007
[7]	ASME INTERNATIONAL, ASME Section II, Part C SFA-5.23/SFA-5.23M Specification for low-allow steel electrodes and fluxes for submerged arc, New York, 2007
[8]	ASME INTERNATIONAL, ASME Section II, Part C SFA-5.29/SFA-5.29M Specification for low-allow steel electrodes for flux cored arc welding, New York, 2007
[9]	ASME INTERNATIONAL, Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators, New York, 2004
[10]	THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY, The Procedure Handbook of Arc Welding, Ohio – United States, 1973